



TESIS - TI 142307

***LIFE CYCLE VALUE STREAM MAPPING (LC-VSM):  
KAJIAN AWAL APPLICABILITY PENERAPAN LC-VSM***

WINDY MEGAYANTI  
02411550012003

DOSEN PEMBIMBING  
**Dr. Maria Anityasari, S.T., M.E.**  
**Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, MEng.Sc**

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN KUALITAS DAN MANUFAKTUR  
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVENBER  
SURABAYA  
2018



THESIS - TI 142307

***LIFE CYCLE VALUE STREAM MAPPING (LC-VSM):  
PRELIMINARY STUDY OF LC-VSM APPLICABILITY***

WINDY MEGAYANTI  
02411550012003

SUPERVISOR  
Dr. Maria Anityasari, S.T., M.E.  
Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, MEng.Sc

MAGISTER PROGRAM  
QUALITY AND MANUFACTURING MANAGEMENT  
INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT  
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVENBER  
SURABAYA  
2018

# **LIFE CYCLE VALUE STREAM MAPPING (LC-VSM): KAJIAN AWAL APPLICABILITY PENERAPAN LC-VSM**

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (MT)  
di

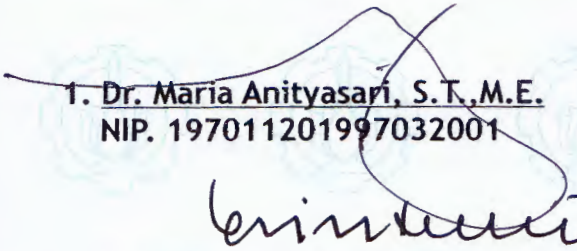
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**WINDY MEGAYANTI**  
**NRP. 02411550012003**

Tanggal Ujian : 4 Januari 2018  
Periode Wisuda : Maret 2018

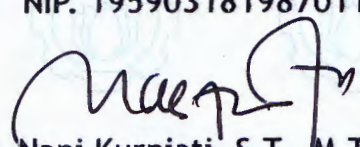
Disetujui oleh :

  
1. Dr. Maria Anityasari, S.T., M.E.  
NIP. 197011201997032001

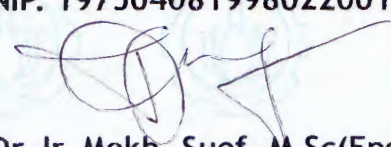
(Pembimbing)

  
2. Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc.  
NIP. 195903181987011001

(Co-Pembimbing)

  
3. Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197504081998022001


(Penguji 1)

  
4. Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc(Eng).  
NIP. 196506031990031002

(Penguji 2)



Dekan Fakultas Teknologi Industri,

  
Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T., MT.  
NIP. 196905071995121001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Windy Megayanti  
NRP : 02411550012003  
Program Studi : Magister Teknik Industri – ITS

Menyatakan bahwa tesis dengan judul :

*“LIFE CYCLE VALUE STREAM MAPPING (LC:VSM): KAJIAN AWAL  
APPLICABILITY PENERAPAN LC-VSM”*

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Seluruh referensi yang dikutip dan dirujuk telah saya tulis secara lengkap di daftar pustaka. Apabila dikemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2018  
Yang membuat pernyataan,

Windy Megayanti  
NRP. 02411550012003



## ***LIFE CYCLE VALUE STREAM MAPPING (LC-VSM):***

### **Kajian Awal *Applicability* Penerapan LC-VSM**

**Nama** : Windy Megayanti  
**NRP** : 02411550012003  
**Departemen** : Teknik Industri, FTI, ITS Surabaya  
**Dosen Pembimbing** : 1. Dr. Maria Anityasari, ST. ME  
2. Prof. Dr.Ir. Udisubakti Ciptomulyono, MEng.SC

#### **ABSTRAK**

Hartini (2016) mengembangkan alat analisis keberlanjutan yang disebut dengan *life cycle value stream mapping* (LC-VSM). LC-VSM bertujuan untuk menganalisis kinerja keberlanjutan sepanjang siklus hidup produk. Aspek yang diukur pada LC-VSM adalah aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi pada seluruh tahap siklus hidup. Siklus hidup produk tersebut terdiri dari tahap *pre manufacturing, manufacturing, distribution, use*, dan *end of life*. Hasil output dari LC-VSM adalah peta LC-VSM dan nilai performansi sistem yang diukur dengan efisiensi pada setiap indikator.

Sejauh ini LC-VSM belum diterapkan pada perusahaan manufaktur. Oleh karena itu penelitian ini bermaksud untuk menerapkan LC-VSM pada beberapa perusahaan manufaktur di Indonesia yang menggunakan strategi *reverse logistic*. Perusahaan yang menjadi obyek penelitian adalah perusahaan air minum dalam kemasan (AMDK) galon PT X yang tergolong perusahaan industri kecil (tenaga kerja kurang dari 20 orang), AMDK galon PT Y yang tergolong perusahaan industri sedang (tenaga kerja 20 hingga 100 orang), dan perusahaan aki PT Z yang tergolong perusahaan besar (tenaga kerja lebih dari 100 orang). Penerapan LC-VSM pada ketiga perusahaan bertujuan untuk mengetahui *applicability* dari metode metodologi LC-VSM ketika diterapkan langsung pada perusahaan. Hal ini disebabkan oleh LC-VSM merupakan sebuah metode yang terdiri dari serangkaian metodologi. Pengukuran *applicability* pada metode dan metodologi LC-VSM dilakukan dengan dua cara yaitu dengan melakukan pengamatan ketika diterapkan dan dengan menyebarkan kuisioner *applicability* kepada para *expert*. Para *expert* dievaluasi berdasarkan tingkat konsistensi dan diskriminasi dalam menilai suatu kriteria dengan menggunakan *expertise based ranking of experts*. Hasil pengukuran *applicability* didapatkan bahwa metode LC-VSM *applicable* untuk digunakan, karena metode ini memiliki kepuasan pengguna dan kemanfaat yang tinggi. Namun metodologi LC-VSM memiliki kekurangan seperti sulit untuk dipelajari dan digunakan.

**Kata kunci:** *Life cycle value stream mapping* (LC-VSM), *sustainability manufacturing, lean manufacturing, evaluasi applicability, expertise based ranking of experts*

\

v

## **LIFE CYCLE VALUE STREAM MAPPING (LC-VSM): Preliminary Studi of LC-VSM Applicability**

**Name** : Windy Megayanti  
**NRP** : 02411550012003  
**Department** : Industrial Engineering Department, FTI, ITS Surabaya  
**Supervisor** : 1. Dr. Maria Anityasari, ST. ME  
2. Prof. Dr.Ir. Udisubakti Ciptomulyono, MEng.SC

### **ABSTRACT**

Hartini (2016) developed a sustainability analysis tool called life cycle value stream mapping (LC-VSM). LC-VSM aims to analyze sustainability performance throughout the product life cycle. The aspects measured in the LC-VSM are environmental, social, and economic aspects of the entire life cycle stage. The product life cycle consists of pre manufacturing, manufacturing, distribution, use, and end of life. The output of LC-VSM is the LC-VSM map and the system performance value as measured by the efficiency of each indicator.

So far LC-VSM has not been applied to manufacturing companies. Therefore this research intends to apply LC-VSM to some manufacturing companies in Indonesia using reverse logistic strategy. Companies that become the object of research are bottled drinking water company (AMDK) gallon PT X belonging to small industrial company (labor of less than 20 people), AMDK gallon PT Y classified as medium industry (labor 20 to 100 people), and PT Z battery company that belonged to large companies (workforce more than 100 people). The application of LC-VSM to the three companies aims to determine the applicability of the method of LC-VSM methodology when applied directly to the company. The reason is LC-VSM is a method consisting of a series of methodologies. Measurement of applicability in LC-VSM method and methodology is done in two ways by observing when applied and by distributing applicability questionnaire to the experts. Experts are evaluated on a level of consistency and discrimination in assessing a criterion using expertise based ranking of experts. The applicability measurement results show that LC-VSM is applicable, because it has high user satisfaction and the benefits. However, the LC-VSM methodology has drawbacks such as difficult to learn and use.

**Key Words:** Life cycle value stream mapping (LC-VSM), sustainability manufacturing, lean manufacturing, applicability, expertise based ranking of experts





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian tesis ini dengan baik. Laporan tesis ini ditulis dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Program Pascasarjana di Jurusan Teknik Industri – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, dengan judul “*Life Cycle Value Stream Mapping (LC-VSM): Kajian Awal Applicability Penerapan LC-VSM*”.

Pada kesempatan ini, penulis juga mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan laporan penelitian tesis ini. Adapun pihak-pihak tersebut adalah sebagai berikut :

1. Ibu Dr. Maria Anityasari, ST.,ME. selaku dosen pembimbing dalam melaksanakan penelitian tesis ini sekaligus dosen wali selama penulis melaksanakan studi di Program Pascasarjana Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, atas bimbingannya selama ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.SC. selaku dosen co-pembimbing dalam melaksanakan penelitian tesis, atas bimbingannya selama ini.
3. Ibu Nani Kurniati, S.T., M.T.,Ph.D dan Bapak Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc(Eng) selaku tim dosen penguji, atas koreksi, saran dan masukan dalam pengerjaan tesis ini.
4. Bapak Erwin Widodo, ST, M.Eng. Dr.Eng selaku Ketua Program Pascasarjana Teknik Industri dan jajaran dosen di Program Pascasarjana Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
5. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan semangat dan doa dalam penyelesaian tesis ini.
6. Rekan – rekan perkuliahan di Program Pascasarjana Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dari berbagai angkatan, atas dukungan ilmu, diskusi, dan semangat yang diberikan.

7. Semua pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas segala dukungan dan bantuan serta motivasi yang diberikan sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis telah berusaha mengerjakan tesis ini dengan sebaik-baiknya. Namun demikian, penulis menyadari bahwa masih terdapat keterbatasan dalam penulisan tesis ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan penelitian tesis ini dapat dikembangkan menjadi lebih baik pada penelitian selanjutnya. Akhir kata, penulis mengharapkan laporan tesis ini dapat bermanfaat untuk seluruh pihak di kemudian hari.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |              |
|---|--------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>  | <b>i</b>     |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....</b>   | <b>iii</b>   |
| <b>ABSTRAK.....</b>   | <b>v</b>     |
| <b><i>ABSTRACT</i>.....</b>   | <b>vii</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>   | <b>ix</b>    |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>   | <b>xi</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>   | <b>xxi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>  | <b>xxix</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>  | <b>xxxix</b> |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>   | <b>1</b>     |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1            |
| 1.2 Perumusan Masalah .....   | 5            |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....   | 6            |
| 1.4 Asumsi Penelitian .....   | 6            |
| 1.5 Batasan Penelitian .....  | 6            |
| 1.6 Manfaat Penelitian .....  | 7            |
| 1.7 Sistematika Penelitian .....  | 7            |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA11 .....</b>   | <b>11</b>    |
| 2.1 Konsep <i>Lean Manufacturing</i> .....  | 11           |
| 2.1.1 Definisi <i>Lean Manufacturing</i> .....  | 11           |
| 2.1.2 <i>Value Stream Mapping</i> (VSM) .....   | 13           |
| 2.2 Konsep <i>Sustainable Manufacturing</i> .....   | 17           |
| 2.2.1 Definisi <i>Sustainable Manufacturing</i> .....                                     | 17           |
| 2.2.2 <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) .....  | 19           |
| 2.3 Integrasi <i>Lean Manufacturing</i> dan <i>Sustainable Manufacturing</i> .....        | 21           |
| 2.3.1 Perkembangan <i>Value Stream Mapping</i> untuk meningkatkan<br>Sustainabilitas..... | 21           |
| 2.3.2 <i>Life Cycle Value Stream Mapping</i> (LC-VSM) .....                               | 24           |
| 2.3.2.1 Indikator Ekonomi .....   | 25           |
| 2.3.2.2 Indikator Lingkungan .....  | 28           |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.3.2.3 Indikator Sosial .....   | 32        |
| 2.3.2.4 Pengukuran Efisiensi.....  | 34        |
| 2.3.2.5 Visualisasi <i>Life Cycle Value Stream Mapping</i> .....                                   | 35        |
| 2.4 Diagram SIPOC .....  | 43        |
| 2.5 Penilaian <i>Applicability</i> .....   | 45        |
| 2.5.1 Pengembangan Kuisisioner <i>Applicability</i> .....  | 45        |
| 2.5.2 Penilaian Evaluator ( <i>Expert</i> ) dengan <i>Expertise Based Ranking of Experts</i> ..... | 56        |
| 2.6 Posisi Penelitian.....   | 59        |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>   | <b>63</b> |
| 3.1 Tahapan Penelitian.....  | 64        |
| 3.1.1 Tahap Penerapan LC-VSM pada beberapa Perusahaan Manufaktur di Indonesia.....                 | 64        |
| 3.1.2 Evaluasi <i>Applicability</i> LC-VSM.....  | 73        |
| 3.1.3 Penyusunan Sistem Manajemen Penerapan LC-VSM .....   | 75        |
| 3.1.4 Kesimpulan dan Saran .....   | 75        |
| 3.2 Obyek Penelitian.....  | 75        |
| 3.3 Lingkup Penelitian.....  | 76        |
| <b>BAB 4 PENERAPAN LC-VSM PADA PERUSAHAAN X .....</b>  | <b>79</b> |
| 4.1 Profil perusahaan .....  | 79        |
| 4.1.1 Hari dan Jam kerja PT X.....   | 80        |
| 4.1.2 <i>Workstation</i> dan Layout Pabrik PT X .....  | 80        |
| 4.1.3 Jenis dan Spesifikasi Mesin / peralatan PT X .....   | 82        |
| 4.2 Pemilihan Produk PT X.....   | 86        |
| 4.3 Proses Bisnis Perusahaan (AMDK Galon) PT X .....   | 85        |
| 4.4 Pengukuran dan Pengumpulan Data PT X .....   | 95        |
| 4.4.1 TAHAP PRA MANUFAKTUR PT X.....   | 96        |
| 4.4.1.1 Waktu Tahap Pra Manufaktur PT X.....   | 97        |
| 4.4.1.2 Tingkat Persediaan Tahap Pra Manufaktur PT X.....  | 99        |
| 4.4.1.3 Kualitas Tahap Pra Manufaktur PT X .....   | 100       |
| 4.4.1.4 Konsumsi Material dan Air Tahap Pra Manufaktur PT X.....                                   | 101       |
| 4.4.1.5 Konsumsi Energi Tahap Pra Manufaktur PT X.....   | 101       |

|  |     |
|--|-----|
| 4.4.1.6 Emisi Tahap Pra Manufaktur PT X.....                 | 101 |
| 4.4.1.7 Tanah Tahap Pra Manufaktur PT X.....                 | 102 |
| 4.4.1.8 Pengelolaan Limbah Tahap Pra Manufaktur PT X.....    | 102 |
| 4.4.1.9 Sosial Tahap Pra Manufaktur PT X .....               | 103 |
| 4.4.2 TAHAP MANUFAKTUR PT X.....                             | 104 |
| 4.4.2.1 Waktu Tahap Manufaktur PT X.....                     | 105 |
| 4.4.2.2 Tingkat Persediaan Tahap Manufaktur PT X.....        | 116 |
| 4.4.2.3 Kualitas Tahap Manufaktur PT X.....                  | 116 |
| 4.4.2.4 Konsumsi Material Tahap Manufaktur PT X.....         | 118 |
| 4.4.2.5 Konsumsi Air Tahap Manufaktur PT X.....              | 119 |
| 4.4.2.6 Konsumsi Energi Tahap Manufaktur PT X .....          | 120 |
| 4.4.2.7 Emisi Tahap Manufaktur PT X.....                     | 121 |
| 4.4.2.8 Tanah Tahap Manufaktur PT X .....                    | 121 |
| 4.4.2.9 Pengelolaan Limbah Tahap Manufaktur PT X .....       | 121 |
| 4.4.2.10 Sosial Tahap Manufaktur PT X.....                   | 123 |
| 4.4.3 TAHAP DISTRIBUSI PT X .....                            | 125 |
| 4.4.3.1 Waktu Tahap Distribusi PT X.....                     | 126 |
| 4.4.3.2 Tingkat Persediaan Tahap Distribusi PT X.....        | 131 |
| 4.4.3.3 Kualitas Tahap Distribusi PT X .....                 | 132 |
| 4.4.3.4 Konsumsi Material dan Air Tahap Distribusi PT X..... | 132 |
| 4.4.3.5 Konsumsi Energi Tahap Distribusi PT X.....           | 132 |
| 4.4.3.6 Emisi Tahap Distribusi PT X .....                    | 133 |
| 4.4.3.7 Tanah Tahap Distribusi PT X .....                    | 134 |
| 4.4.3.8 Pengelolaan Limbah Tahap Distribusi PT X.....        | 134 |
| 4.4.3.9 Sosial Tahap Distribusi PT X.....                    | 135 |
| 4.4.4 TAHAP KONSUMSI PT X .....                              | 136 |
| 4.4.4.1 Waktu Tahap Konsumsi PT X .....                      | 136 |
| 4.4.4.2 Kualitas Tahap Konsumsi PT X.....                    | 138 |
| 4.4.4.3 Konsumsi Material Tahap Konsumsi PT X .....          | 138 |
| 4.4.4.5 Konsumsi Air Tahap Konsumsi PT X .....               | 138 |
| 4.4.4.6 Konsumsi Energi Tahap Konsumsi PT X .....            | 139 |
| 4.4.4.4 Emisi Tahap Konsumsi PT X.....                       | 139 |

|  |            |
|--|------------|
| 4.4.4.7 Tanah Tahap Konsumsi PT X.....   | 140        |
| 4.4.4.8 Pengelolaan Limbah Tahap Konsumsi PT X.....  | 140        |
| 4.4.4.9 Sosial Tahap Konsumsi PT X.....  | 141        |
| 4.4.5 TAHAP <i>END OF LIFE</i> PT X .....  | 142        |
| 4.5 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi.....                                    | 144        |
| 4.5.1 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap Pra<br>Manufaktur PT X.....     | 144        |
| 4.5.2 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br>Manufaktur PT X.....         | 145        |
| 4.5.3 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br>Distribusi PT X.....         | 148        |
| 4.5.4 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br>Konsumsi PT X .....          | 149        |
| 4.5.5 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br><i>End Of Life</i> PT X..... | 150        |
| 4.6 <i>Current LC-VSM</i> PT X.....  | 151        |
| 4.6.1 Analisa Hasil LC-VSM PT X .....  | 153        |
| 4.6.2 Identifikasi 7 <i>Waste</i> .....  | 154        |
| 4.7 Rancangan Perbaikan .....  | 157        |
| <b>BAB 5 PENERAPAN LC-VSM PADA PERUSAHAAN Y .....</b>  | <b>163</b> |
| 5.1 Profil perusahaan .....  | 163        |
| 5.1.1 Kebijakan Mutu PT Y .....  | 164        |
| 5.1.2 Hari dan Jam kerja PT Y .....  | 164        |
| 5.1.3 <i>Workstation</i> dan Layout Pabrik PT Y .....  | 165        |
| 5.1.4 Jenis dan Spesifikasi Mesin / peralatan PT Y .....   | 167        |
| 5.2 Pemilihan Produk PT Y .....  | 168        |
| 5.3 Proses Bisnis Perusahaan (AMDK Galon) PT Y .....   | 168        |
| 5.4 Pengukuran dan Pengumpulan Data PT Y .....   | 173        |
| 5.4.1 TAHAP PRA MANUFAKTUR PT Y .....  | 172        |
| 5.4.1.1 Waktu Tahap Pra Manufaktur PT Y .....  | 175        |
| 5.4.1.2 Tingkat Persediaan Tahap Pra Manufaktur PT Y .....   | 177        |
| 5.4.1.3 Kualitas Tahap Pra Manufaktur PT Y .....   | 180        |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 5.4.1.4  | Konsumsi Material dan Air Tahap Pra Manufaktur PT Y   | 181 |
| 5.4.1.5  | Konsumsi Energi Tahap Pra Manufaktur PT Y .....       | 181 |
| 5.4.1.6  | Emisi Tahap Pra Manufaktur PT Y .....                 | 182 |
| 5.4.1.7  | Tanah Tahap Pra Manufaktur PT Y .....                 | 183 |
| 5.4.1.8  | Pengelolaan Limbah Tahap Pra Manufaktur PT Y .....    | 184 |
| 5.4.1.9  | Sosial Tahap Pra Manufaktur PT Y .....                | 184 |
| 5.4.2    | TAHAP MANUFAKTUR PT Y .....                           | 187 |
| 5.4.2.1  | Waktu Tahap Manufaktur PT Y .....                     | 187 |
| 5.4.2.2  | Tingkat Persediaan Tahap Manufaktur PT Y .....        | 188 |
| 5.4.2.3  | Kualitas Tahap Manufaktur PT Y .....                  | 188 |
| 5.4.2.4  | Konsumsi Material Tahap Manufaktur PT Y .....         | 189 |
| 5.4.2.5  | Konsumsi Air Tahap Manufaktur PT Y .....              | 190 |
| 5.4.2.6  | Konsumsi Energi Tahap Manufaktur PT Y .....           | 192 |
| 5.4.2.7  | Emisi Tahap Manufaktur PT Y .....                     | 194 |
| 5.4.2.8  | Tanah Tahap Manufaktur PT Y .....                     | 194 |
| 5.4.2.9  | Pengelolaan Limbah Tahap Manufaktur PT Y .....        | 195 |
| 5.4.2.10 | Sosial Tahap Manufaktur PT Y .....                    | 196 |
| 5.4.3    | TAHAP DISTRIBUSI PT Y .....                           | 198 |
| 5.4.3.1  | Waktu Tahap Distribusi PT Y .....                     | 200 |
| 5.4.3.2  | Tingkat Persediaan Tahap Distribusi PT Y .....        | 201 |
| 5.4.3.3  | Kualitas Tahap Distribusi PT Y .....                  | 205 |
| 5.4.3.4  | Konsumsi Material dan Air Tahap Distribusi PT Y ..... | 205 |
| 5.4.3.5  | Konsumsi Energi Tahap Distribusi PT Y .....           | 205 |
| 5.4.3.6  | Emisi Tahap Distribusi PT Y .....                     | 207 |
| 5.4.3.7  | Tanah Tahap Distribusi PT Y .....                     | 208 |
| 5.4.3.8  | Pengelolaan Limbah Tahap Distribusi PT Y .....        | 209 |
| 5.4.3.10 | Sosial Tahap Distribusi PT Y .....                    | 210 |
| 5.4.4    | TAHAP KONSUMSI PT Y .....                             | 212 |
| 5.4.4.1  | Waktu Tahap Konsumsi PT Y .....                       | 212 |
| 5.4.4.2  | Kualitas Tahap Konsumsi PT Y .....                    | 212 |
| 5.4.4.3  | Konsumsi Material Tahap Konsumsi PT Y .....           | 213 |
| 5.4.4.5  | Konsumsi Air Tahap Konsumsi PT Y .....                | 213 |



|   |            |
|---|------------|
| 5.4.4.6 Konsumsi Energi Tahap Konsumsi PT Y .....   | 214        |
| 5.4.4.4 Emisi Tahap Konsumsi PT Y .....   | 214        |
| 5.4.4.7 Tanah Tahap Konsumsi PT Y .....   | 214        |
| 5.4.4.8 Pengelolaan Limbah Tahap Konsumsi PT Y .....  | 215        |
| 5.4.4.9 Sosial Tahap Konsumsi PT Y .....  | 215        |
| 5.4.5 TAHAP <i>END OF LIFE</i> PT Y .....   | 216        |
| 5.5 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi .....                                    | 218        |
| 5.5.1 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br>Pra Manufaktur PT Y .....     | 218        |
| 5.5.2 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br>Manufaktur PT Y .....         | 219        |
| 5.5.3 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br>Distribusi PT Y .....         | 221        |
| 5.5.4 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br>Konsumsi PT Y .....           | 223        |
| 5.5.5 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br><i>End Of Life</i> PT Y ..... | 224        |
| 5.6 <i>Current LC-VSM</i> PT Y .....  | 225        |
| 5.6.1 Analisa Hasil LC-VSM PT Y .....   | 227        |
| 5.7 Rancangan Perbaikan .....   | 228        |
| <b>BAB 6 PENERAPAN LC-VSM PADA PERUSAHAAN Z.....</b>  | <b>229</b> |
| 6.1 Profil perusahaan .....   | 229        |
| 6.1.1 Visi dan Misi PT Z .....  | 230        |
| 6.1.2 Kebijakan Mutu PT Z .....   | 230        |
| 6.1.3 Pemasaran PT Z .....  | 230        |
| 6.1.4 Standar PT Z .....  | 231        |
| 6.1.5 Aktivitas Penjaminan PT Z .....   | 232        |
| 6.1.6 Hari dan Jam kerja PT Z .....   | 232        |
| 6.1.7 <i>Workstation</i> dan Layout Pabrik PT Z .....   | 233        |
| 6.1.8 Jenis dan Spesifikasi Mesin / peralatan PT Z .....  | 236        |
| 6.2 Pemilihan Produk PT Z .....   | 238        |
| 6.3 Proses Bisnis Perusahaan PT Z .....   | 240        |

|   |     |
|---|-----|
| 6.4 Pengukuran dan Pengumpulan Data PT Z .....                | 247 |
| 6.4.1 TAHAP PRA MANUFAKTUR PT Z.....                          | 249 |
| 6.4.1.1 Waktu Tahap Pra Manufaktur PT Z.....                  | 251 |
| 6.4.1.2 Tingkat Persediaan Tahap Pra Manufaktur PT Z.....     | 255 |
| 6.4.1.3 Kualitas Tahap Pra Manufaktur PT Z .....              | 255 |
| 6.4.1.4 Konsumsi Material Tahap Pra Manufaktur PT Z.....      | 256 |
| 6.4.1.5 Konsumsi Air Tahap Pra Manufaktur PT Z .....          | 257 |
| 6.4.1.6 Konsumsi Energi Tahap Pra Manufaktur PT Z.....        | 257 |
| 6.4.1.7 Emisi Tahap Pra Manufaktur PT Z .....                 | 257 |
| 6.4.1.8 Tanah Tahap Pra Manufaktur PT Z .....                 | 258 |
| 6.4.1.9 Pengelolaan Limbah Tahap Pra Manufaktur PT Z.....     | 258 |
| 6.4.1.10 Sosial Tahap Pra Manufaktur PT Z.....                | 259 |
| 6.4.2 TAHAP MANUFAKTUR PT Z.....                              | 260 |
| 6.4.2.1 Waktu Tahap Manufaktur PT Z .....                     | 260 |
| 6.4.2.2 Tingkat Persediaan Tahap Manufaktur PT Z .....        | 262 |
| 6.4.2.3 Kualitas Tahap Manufaktur PT Z .....                  | 262 |
| 6.4.2.4 Konsumsi Material Tahap Manufaktur PT Z .....         | 263 |
| 6.4.2.5 Konsumsi Air Tahap Manufaktur PT Z .....              | 264 |
| 6.4.2.6 Konsumsi Energi Tahap Manufaktur PT Z .....           | 264 |
| 6.4.2.7 Emisi Tahap Manufaktur PT Z .....                     | 265 |
| 6.4.2.8 Tanah Tahap Manufaktur PT Z.....                      | 266 |
| 6.4.2.9 Pengelolaan Limbah Tahap Manufaktur PT Z.....         | 267 |
| 6.4.2.10 Sosial Tahap Manufaktur PT Z .....                   | 273 |
| 6.4.3 TAHAP DISTRIBUSI PT Z .....                             | 275 |
| 6.4.3.1 Waktu Tahap Distribusi PT Z .....                     | 275 |
| 6.4.3.2 Tingkat Persediaan Tahap Distribusi PT Z .....        | 276 |
| 6.4.3.3 Kualitas Tahap Distribusi PT Z.....                   | 276 |
| 6.4.3.4 Konsumsi Material dan Air Tahap Distribusi PT Z ..... | 277 |
| 6.4.3.5 Konsumsi Energi Tahap Distribusi PT Z .....           | 277 |
| 6.4.3.6 Emisi Tahap Distribusi PT Z.....                      | 277 |
| 6.4.3.7 Tanah Tahap Distribusi PT Z .....                     | 279 |
| 6.4.3.8 Pengelolaan Limbah Tahap Distribusi PT Z.....         | 279 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.4.3.10 Sosial Tahap Distribusi PT Z.....  | 279 |
| 6.4.4 TAHAP KONSUMSI PT Z .....   | 281 |
| 6.4.4.1 Waktu Tahap Konsumsi PT Z .....   | 281 |
| 6.4.4.2 Kualitas Tahap Konsumsi PT Z.....   | 281 |
| 6.4.4.3 Konsumsi Material Tahap Konsumsi PT Z .....   | 282 |
| 6.4.4.5 Konsumsi Air Tahap Konsumsi PT Z .....  | 282 |
| 6.4.4.6 Konsumsi Energi Tahap Konsumsi PT Z .....   | 282 |
| 6.4.4.4 Emisi Tahap Konsumsi PT Z.....  | 283 |
| 6.4.4.7 Tanah Tahap Konsumsi PT Z .....   | 283 |
| 6.4.4.8 Pengelolaan Limbah Tahap Konsumsi PT Z .....  | 283 |
| 6.4.4.10 Sosial Tahap Konsumsi PT Z .....   | 283 |
| 6.4.5 TAHAP <i>END OF LIFE</i> PT Z.....  | 284 |
| 6.4.5.1 Waktu Tahap Manufaktur PT Z.....  | 285 |
| 6.4.5.2 Kualitas Tahap Manufaktur PT Z .....  | 285 |
| 6.4.5.3 Konsumsi Material Tahap Manufaktur PT Z.....  | 285 |
| 6.4.5.4 Konsumsi Air Tahap Manufaktur PT Z.....   | 286 |
| 6.4.5.5 Konsumsi Energi Tahap Manufaktur PT Z .....   | 286 |
| 6.4.5.6 Emisi Tahap Manufaktur PT Z .....   | 287 |
| 6.4.5.7 Pengelolaan Limbah Tahap Manufaktur PT Z .....  | 288 |
| 6.5 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi.....                                     | 288 |
| 6.5.1 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap8<br>Pra Manufaktur PT Z.....     | 288 |
| 6.5.2 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br>Manufaktur PT Z .....         | 290 |
| 6.5.3 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br>Distribusi PT Z .....         | 292 |
| 6.5.4 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br>Konsumsi PT Z.....            | 293 |
| 6.5.5 <i>Process Activity Mapping</i> dan Pengukuran Efisiensi Tahap<br><i>End Of Life</i> PT Z ..... | 294 |
| 6.6 <i>Current LC-VSM</i> PT Z .....  | 295 |
| 6.6.1 Analisa Hasil LC-VSM PT Z.....  | 297 |

|   |            |
|---|------------|
| 6.7 Rancangan Perbaikan.....  | 298        |
| <b>BAB 7 EVALUASI <i>APPLICABILITY</i> METODE DAN METODOLOGI LC-VSM .....</b>                                       | <b>301</b> |
| 7.1 <i>Applicability</i> Perspektif Peneliti.....   | 301        |
| 7.1.1 <i>Applicability</i> Metode LC-VSM Perspektif Peneliti .....  | 301        |
| 1. Perbandingan Hasil LC-VSM .....  | 301        |
| 2. Kesesuaian Metrik pada LC-VSM .....  | 309        |
| 3. Kelebihan Metode LC-VSM .....  | 311        |
| 4. Kelemahan Metode LC-VSM .....  | 313        |
| 7.1.2 <i>Applicability</i> Metodologi LC-VSM Perspektif Peneliti .....  | 314        |
| 1. Ketersediaan data.....   | 330        |
| 2. Waktu Pengumpulan Data .....   | 332        |
| 3. Dukungan Perusahaan .....  | 334        |
| 4. Kebutuhan Sumber Daya yang Terlibat .....  | 335        |
| 5. Kelebihan Metodologi LC-VSM .....  | 337        |
| 6. Kelemahan Metodologi LC-VSM .....  | 337        |
| 7.1.3 Kesimpulan <i>Applicability</i> Metode dan Metodologi LC-VSM<br>dari Perspektif Peneliti .....                | 339        |
| 7.2 Hasil Evaluasi <i>Applicability</i> Perspektif Perusahaan (Pengguna).....                                       | 340        |
| 7.2.1 Hasil <i>Expertise Based Ranking of Experts</i> .....   | 340        |
| 7.2.2 Analisa Hasil Kuesioner.....  | 344        |
| 7.2.3 <i>Applicability</i> Metode LC-VSM Perspektif Perusahaan .....  | 346        |
| <b>7.2.4 <i>Applicability</i> Metodologi LC-VSM Perspektif Perusahaan .....</b>                                     | <b>347</b> |
| 7.2.5 Kesimpulan <i>Applicability</i> Metode dan Metodologi LC-VSM<br>dari Perspektif Perusahaan .....              | 347        |
| 7.3 Penarikan Kesimpulan <i>Applicability</i> Metode dan Metodologi LC-VSM<br>Perspektif Perusahaan (Pengguna)..... | 347        |
| <b>BAB 8 PENYUSUNAN SISTEM MANAJEMEN PENERAPAN LC-VSM ....</b>  | <b>349</b> |
| 8.1 Persyaratan Penggunaan .....  | 349        |
| 8.1.1 Sumber Daya, Peran, dan Tanggung Jawab .....  | 351        |
| 8.1.2 Instruksi Metodologi LC-VSM .....   | 358        |
| 8.2 Usulan Perbaikan Pada Metode dan Metodologi LC-VSM.....   | 370        |

|                       |  |            |
|-----------------------|--|------------|
| 8.3                   | Sistem Manajemen Penerapan LC-VSM..... | 372        |
| <b>BAB 9</b>          | <b>PENUTUP.....</b>                    | <b>373</b> |
| 9.1                   | Kesimpulan.....                        | 373        |
| 9.2                   | Saran.....                             | 374        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> |  |            |
| <b>LAMPIRAN</b>       |  |            |

## DAFTAR TABEL

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Tabel 2.1  | Simbol dalam <i>Value Stream Mapping</i> .....   | 15  |
| Tabel 2.2  | Perkembangan VSM untuk mencapai manufaktur yang <i>Sustainable</i> .....                     | 22  |
| Tabel 2.3  | Indikator pada Setiap Aspek.....   | 25  |
| Tabel 2.4  | Pengukuran Efisiensi pada Tahap Pra Manufaktur .....   | 36  |
| Tabel 2.5  | Pengukuran Efisiensi pada Tahap Manufaktur.....  | 37  |
| Tabel 2.6  | Pengukuran Efisiensi pada Tahap Distribusi.....  | 38  |
| Tabel 2.7  | Pengukuran Efisiensi pada Tahap Konsumsi .....   | 39  |
| Tabel 2.8  | Pengukuran Efisiensi pada Tahap <i>End of Life</i> .....                                     | 40  |
| Tabel 2.9  | Kuisisioner <i>Applicability</i> .....   | 49  |
| Tabel 2.10 | Modifikasi Pernyataan Kuisisioner .....  | 51  |
| Tabel 2.11 | Contoh Tabel Matrix Opini untuk Setiap <i>Expert</i> .....                                   | 58  |
| Tabel 2.12 | Contoh <i>Hasil Expertise Based Ranking of Experts</i> .....                                 | 59  |
| Tabel 2.13 | Posisi Penelitian.....   | 61  |
| Tabel 3.1  | Aspek, Indikator, Metrik, dan Teknik Pengumpulan Data pada Tahap<br>Pra Manufaktur .....     | 68  |
| Tabel 3.2  | Aspek, Indikator, Metrik, dan Teknik Pengumpulan Data pada Tahap<br>Manufaktur .....         | 69  |
| Tabel 3.3  | Aspek, Indikator, Metrik, dan Teknik Pengumpulan Data pada Tahap<br>Distribusi .....         | 70  |
| Tabel 3.4  | Aspek, Indikator, Metrik, dan Teknik Pengumpulan Data pada Tahap<br>Konsumsi.....            | 71  |
| Tabel 3.5  | Aspek, Indikator, Metrik, dan Teknik Pengumpulan Data pada Tahap<br><i>End of Life</i> ..... | 72  |
| Tabel 4.1  | Rata-rata Jumlah Permintaan Produk PT X.....   | 87  |
| Tabel 4.2  | Aktivitas pada Setiap Tahapan Siklus Hidup AMDK Galon PT X.....                              | 95  |
| Tabel 4.3  | Supplier dan <i>Lead Time</i> Pembelian Bahan Penolong PT X .....                            | 97  |
| Tabel 4.4  | Waktu Lama Penyimpanan Material .....  | 99  |
| Tabel 4.5  | Data Gudang Material.....  | 99  |
| Tabel 4.6  | Tingkat Persediaan Gudang Bahan Penolong .....   | 100 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Tabel 4.7  | Pemanfaatan lahan (Area) PT X.....   | 102 |
| Tabel 4.8  | Kepuasan Pekerja Tahap Pra Manufaktur nolong.....                          | 103 |
| Tabel 4.9  | Kesehatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                               | 103 |
| Tabel 4.10 | Keselamatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                             | 104 |
| Tabel 4.11 | Pengembangan Diri Pekerja Tahap Pra Manufaktur.....                        | 104 |
| Tabel 4.12 | Identifikasi Aktivitas Pada Tahap Manufaktur .....                         | 105 |
| Tabel 4.13 | Waktu Proses dengan Kecepatan Air .....                                    | 106 |
| Tabel 4.14 | Data Waktu Proses Pencucian Galon Bagian Luar (Detik).....                 | 107 |
| Tabel 4.15 | <i>Performance Rating</i> Proses Proses Pencucian Gallon Bagian Luar ..... | 109 |
| Tabel 4.16 | Faktor <i>Allowance</i> Pada Proses Penyabunan Galon Bagian Luar .....     | 110 |
| Tabel 4.17 | Hasil Uji keseragaman .....  | 111 |
| Tabel 4.18 | Hasil Uji Kecukupan Data.....  | 111 |
| Tabel 4.19 | Data Waktu Normal dan Waktu Standar Proses Sterilisasi Gallon.....         | 112 |
| Tabel 4.20 | Hasil Pengamatan Proses Pencucian Mesin <i>Sand Filter</i> .....           | 113 |
| Tabel 4.21 | Rekapan Waktu Proses Pencucian Tangki <i>Sand Filter</i> .....             | 115 |
| Tabel 4.22 | Kualitas Kemasan Tahap Manufaktur .....                                    | 117 |
| Tabel 4.23 | Produk Cacat .....   | 117 |
| Tabel 4.24 | Konsumsi Material Tahap Manufaktur .....                                   | 118 |
| Tabel 4.25 | Estimasi konsumsi air pada PT X dari hasil pengukuran.....                 | 120 |
| Tabel 4.26 | Konsumsi Energi PT X .....   | 121 |
| Tabel 4.27 | Pemanfaatan lahan (Area) PT X.....   | 122 |
| Tabel 4.28 | Limbah Padat Tahap Manufaktur.....   | 123 |
| Tabel 4.29 | Kepuasan Pekerja Tahap Manufaktur .....                                    | 123 |
| Tabel 4.30 | Kesehatan Pekerja Tahap Manufaktur .....                                   | 124 |
| Tabel 4.31 | Keselamatan Pekerja Tahap Manufaktur .....                                 | 124 |
| Tabel 4.32 | Pengembangan Diri Pekerja Tahap Manufaktur .....                           | 124 |
| Tabel 4.33 | Daftar 20 Reatailer terbesar PT X.....                                     | 125 |
| Tabel 4.34 | Data Waktu Pengiriman Produk kepada Retailer.....                          | 126 |
| Tabel 4.35 | Waktu Lama Penyimpanan pada Retailer A .....                               | 128 |
| Tabel 4.36 | Interval Waktu Lama Simpan pada Retailer .....                             | 129 |
| Tabel 4.37 | Rangkuman Lama Waktu Pembelian Ulang pada 20 Retailer Terbesar.....        | 130 |
| Tabel 4.38 | Tingkat Persediaan Produk Jadi .....                                       | 131 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Tabel 4.39 | Konsumsi Bahan Bakar Distribusi PT X.....                              | 133 |
| Tabel 4.40 | Tanah Tahap Distribusi.....  | 134 |
| Tabel 4.41 | Kepuasan Pekerja Tahap Distribusi.....                                 | 135 |
| Tabel 4.42 | Kesehatan Pekerja Tahap Distribusi.....                                | 135 |
| Tabel 4.43 | Keselamatan Pekerja Tahap Distribusi.....                              | 135 |
| Tabel 4.44 | Pengembangan Diri Pekerja Tahap Distribusi.....                        | 136 |
| Tabel 4.45 | Waktu Lama Pengiriman pada Konsumen .....                              | 137 |
| Tabel 4.46 | Waktu Lama Konsumsi Konsumen .....                                     | 137 |
| Tabel 4.47 | Fungsi AMDK Galon PT X.....  | 138 |
| Tabel 4.48 | Jumlah Konsumsi Air AMDK Galon PT X.....                               | 139 |
| Tabel 4.49 | Total Limbah Pada Tahap Konsumsi .....                                 | 137 |
| Tabel 4.50 | Jumlah Gallon <i>Reuse</i> pada Tahap <i>End of Life</i> .....         | 137 |
| Tabel 4.51 | Penggolongan aktivitas pada Tahap Pra Manufaktur .....                 | 144 |
| Tabel 4.52 | Pengukuran Efisiensi pada Tahap Pra Manufaktur PT X.....               | 144 |
| Tabel 4.53 | Penggolongan aktivitas pada Tahap Manufaktur .....                     | 145 |
| Tabel 4.54 | Pengukuran Efisiensi pada Tahap Manufaktur PT X.....                   | 146 |
| Tabel 4.55 | Penggolongan aktivitas pada Tahap Distribusi.....                      | 147 |
| Tabel 4.56 | Pengukuran Efisiensi pada Tahap Distribusi PT X .....                  | 148 |
| Tabel 4.57 | Penggolongan aktivitas pada Tahap Konsumsi .....                       | 149 |
| Tabel 4.58 | Pengukuran Efisiensi pada Tahap Konsumsi PT X.....                     | 149 |
| Tabel 4.59 | Penggolongan aktivitas pada Tahap <i>End of Life</i> .....             | 150 |
| Tabel 4.60 | Pengukuran Efisiensi pada Tahap <i>End of Life</i> PT X.....           | 150 |
| Tabel 4.61 | Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab.....                                | 157 |
| Tabel 5.1  | Unit Usaha PT Y.....   | 163 |
| Tabel 5.2  | Jumlah Permintaan Produk AMDK PT Y (Januari – Desember 2016). 168      |     |
| Tabel 5.3  | Aktivitas pada Setiap Tahapan Siklus Hidup AMDK Galon PT X .....       | 173 |
| Tabel 5.4  | Supplier Kemasan AMDK Galon PT Y .....                                 | 174 |
| Tabel 5.5  | Performansi dan <i>Lead Time</i> Pemesanan Material Pada Supplier..... | 175 |
| Tabel 5.6  | Persentase Ketepatan Pengiriman Supplier .....                         | 176 |
| Tabel 5.7  | Lama Simpan Material Pada Gudang.....                                  | 177 |
| Tabel 5.8  | Tingkat <i>Loses</i> air Bahan Baku.....                               | 177 |
| Tabel 5.9  | Persediaan Material Pada Bulan April .....                             | 179 |



|  |     |
|--|-----|
| Tabel 5.10 Kualitas Bahan Baku Air dan Air Cucian .....                          | 180 |
| Tabel 5.11 Hasil Inspeksi Kualitas Pembelian Bahan Penolong .....                | 180 |
| Tabel 5.12 Data Pembelian Bahan Baku Air dengan Kendaraan PT Y .....             | 181 |
| Tabel 5.13 Limbah Air <i>Loses</i> dan Material Tahap Pra Manufaktur PT Y .....  | 183 |
| Tabel 5.14 Limbah Air Pengurasan Tandon Tahap Pra Manufaktur PT Y .....          | 184 |
| Tabel 5.15 Luas Konsumsi Area Produksi Pra Manufaktur PT Y .....                 | 184 |
| Tabel 5.16 Kepuasan Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                           | 185 |
| Tabel 5.17 Kesehatan Kerja Tahap Pra Manufaktur .....                            | 185 |
| Tabel 5.18 Keselamatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                        | 186 |
| Tabel 5.19 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                  | 186 |
| Tabel 4.20 Konsumsi Waktu Tahap Manufaktur PT Y .....                            | 187 |
| Tabel 5.21 Tingkat Persediaan (WIP) Air Produk PT Y .....                        | 188 |
| Tabel 5.22 Hasil Kualitas Produksi .....   | 188 |
| Tabel 5.23 Kualitas Material pada Tahap Manufaktur .....                         | 189 |
| Tabel 5.24 Konsumsi Material Tahap Manufaktur .....                              | 190 |
| Tabel 5.25 Total Konsumsi Air Tahap Manufaktur PT Y .....                        | 190 |
| Tabel 5.26 Data Jumlah Proses <i>Back Wash Filter</i> (Pencucian Mesin) .....    | 191 |
| Tabel 5.27 Data Konsumsi Air Sterilisasi Pipa Tahap Manufaktur PT Y .....        | 191 |
| Tabel 5.28 Data Konsumsi Air Sterilisasi Galon Tahap Manufaktur PT Y .....       | 192 |
| Tabel 5.29 Konsumsi Air Produksi AMDK Galon PT Y .....                           | 192 |
| Tabel 5.30 Konsumsi Energi <i>Water Treatment</i> Produksi AMDK Galon PT Y ..... | 193 |
| Tabel 5.31 Konsumsi Energi Filling Produksi AMDK Gallon PT Y .....               | 193 |
| Tabel 5.32 Penggunaan Lahan PT Y .....   | 194 |
| Tabel 5.33 Limbah Tahap Manufaktur PT Y .....                                    | 195 |
| Tabel 5.34 Kepuasan Pekerja Tahap Manufaktur .....                               | 196 |
| Tabel 5.35 Kesehatan Kerja Tahap Manufaktur .....                                | 196 |
| Tabel 5.36 Keselamatan Pekerja Tahap Manufaktur .....                            | 197 |
| Tabel 5.37 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Manufaktur .....                      | 197 |
| Tabel 5.38 Data Penjualan pada konsumen AMDK Galon PT Y .....                    | 198 |
| Tabel 5.39 Tingkat Persediaan Produk Jadi AMDK Galon PT Y .....                  | 202 |
| Tabel 5.40 Tingkat Persediaan Produk Jadi pada Swalayan I .....                  | 203 |
| Tabel 5.41 Kualitas Tahap Distribusi PT Y .....                                  | 205 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 5.42 Konsumsi Energi (Bahan Bakar) Distribusi PT Y .....               | 206 |
| Tabel 5.43 Penggunaan Lahan PT Y .....                                       | 209 |
| Tabel 5.44 Data Limbah Tahap Distribusi PT Y.....                            | 209 |
| Tabel 5.45 Kepuasan Pekerja Tahap Distribusi.....                            | 210 |
| Tabel 5.46 Kesehatan Kerja Tahap Distribusi.....                             | 210 |
| Tabel 5.47 Keselamatan Pekerja Tahap Distribusi.....                         | 211 |
| Tabel 5.48 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Distribusi .....                  | 211 |
| Tabel 5.49 Jumlah Konsumsi Konsumen dalam Satu Bulan .....                   | 212 |
| Tabel 5.50 Jumlah Keluhan AMDK Galon PT Y .....                              | 213 |
| Tabel 5.51 Fungsi AMDK Galon PT Y .....                                      | 213 |
| Tabel 5.52 Jumlah Konsumsi Air AMDK Galon PT X oleh Konsumen .....           | 214 |
| Tabel 5.53 Total Limbah Pada Tahap Konsumsi .....                            | 215 |
| Tabel 5.54 Jumlah Galon Reuse pada Tahap <i>End of Life</i> .....            | 217 |
| Tabel 5.55 Penggolongan aktivitas pada Tahap Pra Manufaktur .....            | 218 |
| Tabel 5.56 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Pra manufaktur PT Y .....         | 219 |
| Tabel 5.57 Penggolongan aktivitas pada Tahap Manufaktur .....                | 219 |
| Tabel 5.58 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Manufaktur PT Y .....             | 220 |
| Tabel 5.59 Penggolongan aktivitas pada Tahap Distribusi .....                | 221 |
| Tabel 5.60 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Distribusi PT Y .....             | 222 |
| Tabel 5.61 Penggolongan aktivitas pada Tahap Konsumsi.....                   | 223 |
| Tabel 5.62 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Konsumsi PT Y.....                | 223 |
| Tabel 6.1 <i>Milestone</i> Perusahaan PT Z .....                             | 229 |
| Tabel 6.2 Luas Bangunan dan Pemanfaatan Lahan.....                           | 233 |
| Tabel 6.3 Mesin dan Peralatan PT Z.....                                      | 236 |
| Tabel 6.4 Jumlah Permintaan setiap Jenis Aki PT Z .....                      | 239 |
| Tabel 6.5 Aktivitas Pada setiap Tahapan Siklus Hidup Produk .....            | 248 |
| Tabel 6.6 Jenis Bahan Baku Timah .....                                       | 250 |
| Tabel 6.7 Jenis Bahan Penolong .....   | 251 |
| Tabel 6.8 <i>Lead Time</i> Dan Performansi Supplier .....                    | 251 |
| Tabel 6.9 Konsumsi pada Aspek Triple Bottom Line Proses Inspeksi Bahan ..... | 253 |
| Tabel 6.10 Performansi Supplier Dalam Ketepatan Jumlah Kirim .....           | 253 |
| Tabel 6.11 Hasil Kualitas Proses Inspeksi Bahan Baku .....                   | 255 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 6.12 Jumlah Konsumsi Bahan Bakar Forklift PT Z (liter).....                    | 257 |
| Tabel 6.13 Tanah Tahap Pra Manufaktur PT Z.....                                      | 258 |
| Tabel 6.14 Limbah Tahap Pra Manufaktur PT Z .....                                    | 258 |
| Tabel 6.15 Kepuasan Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                               | 259 |
| Tabel 6.16 Kesehatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                              | 259 |
| Tabel 6.17 Keselamatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                            | 260 |
| Tabel 6.18 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Pra Manufaktur.....                       | 260 |
| Tabel 6.19 Mesin dan Waktu Produksi Aki Konvensional .....                           | 260 |
| Tabel 6.20 WIP Tahap Manufaktur PT Z.....  | 262 |
| Tabel 6.21 Kualitas Tahap Manufaktur PT Z.....                                       | 262 |
| Tabel 6.22 Konsumsi Material Tahap Manufaktur PT Z .....                             | 263 |
| Tabel 6.23 Konsumsi Air .....  | 264 |
| Tabel 6.24 Penggunaan Energi Listrik Tahap Manufaktur .....                          | 265 |
| Tabel 6.25 Pemanfaatan Area Tanah PT Z .....   | 266 |
| Tabel 6.26 Hasil Pemeriksaan Emisi Pada Proses <i>Pasting</i> dan <i>Oxide</i> ..... | 268 |
| Tabel 6.27 Hasil Evaluasi Tingkat Emisi Lantai Produksi .....                        | 268 |
| Tabel 6.28 Total Limbah B3 Tahap Manufaktur PT Z .....                               | 270 |
| Tabel 6.29 Limbah B3 Proses <i>Casting</i> .....                                     | 271 |
| Tabel 6.30 Limbah B3 Proses <i>Pasting</i> .....                                     | 271 |
| Tabel 6.31 B3 Proses Formasi.....  | 271 |
| Tabel 6.32 Limbah B3 Proses <i>Cutting</i> .....                                     | 272 |
| Tabel 6.33 Limbah B3 Proses <i>Stacking</i> .....                                    | 272 |
| Tabel 6.34 Limbah B3 Aki Bekas .....   | 273 |
| Tabel 6.35 Kepuasan Pekerja Tahap Manufaktur .....                                   | 273 |
| Tabel 6.36 Kesehatan Pekerja Tahap Manufaktur .....                                  | 274 |
| Tabel 6.37 Keselamatan Pekerja Tahap Manufaktur .....                                | 274 |
| Tabel 6.38 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Manufaktur .....                          | 274 |
| Tabel 6.39 Performansi Ketepatan Waktu Pengiriman Distribusi .....                   | 275 |
| Tabel 6.40 Tingkat Persediaan Tahap Distribusi PT Z .....                            | 276 |
| Tabel 6.41 Konsumsi Bakar Forklift Gudang Produk jadi PT Z.....                      | 277 |
| Tabel 6.42 Rata-Rata Penggunaan Bahan Bakar Untuk Distribusi.....                    | 277 |
| Tabel 6.43 Kepuasan Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                               | 280 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 6.44 Kesehatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                           | 280 |
| Tabel 6.45 Keselamatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                         | 280 |
| Tabel 6.46 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Pra Manufaktur .....                   | 281 |
| Tabel 6.47 Tingkat Keluhan Tahap Konsumsi PT Z.....                               | 281 |
| Tabel 6.48 Waktu Daur Ulang Aki bekas.....  | 285 |
| Tabel 6.49 Konsumsi Material Proses Daur Ulang Aki .....                          | 286 |
| Tabel 6.50 Konsumsi Energi Tahap <i>End of Life</i> .....                         | 286 |
| Tabel 6.51 Penggolongan aktivitas pada Tahap Pra Manufaktur .....                 | 289 |
| Tabel 6.52 Pengukuran Efisiensi pada Tahap <i>Pre-manufacturing</i> PT Z.....     | 289 |
| Tabel 6.53 Penggolongan aktivitas pada Tahap Manufaktur .....                     | 290 |
| Tabel 6.54 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Manufaktur PT Z.....                   | 292 |
| Tabel 6.55 Penggolongan aktivitas pada Tahap Distribusi.....                      | 292 |
| Tabel 6.56 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Distribusi PT Z.....                   | 293 |
| Tabel 6.57 Penggolongan aktivitas pada Tahap Konsumsi .....                       | 293 |
| Tabel 6.58 Penggolongan aktivitas pada Tahap <i>End of Life</i> .....             | 294 |
| Tabel 6.59 Pengukuran Efisiensi pada Tahap <i>End of Life</i> PT X .....          | 295 |
| Tabel 7.1 Perbandingan Hasil Pengukuran LC-VSM.....                               | 302 |
| Tabel 7.2 Metrik yang Berpengaruh Terhadap Tingkat Sustainability Perusahaan..... | 309 |
| Tabel 7.3 Tantangan Penerapan LC-VSM pada Aki PT X.....                           | 315 |
| Tabel 7.4 Tantangan Penerapan LC-VSM pada Aki PT Y.....                           | 320 |
| Tabel 7.5 Tantangan Penerapan LC-VSM pada Aki PT Z.....                           | 325 |
| Tabel 7.6 Keterlibatan SDM.....   | 335 |
| Tabel 7.8 Hasil Jawaban <i>experts</i> dengan MPR (Evaluator 1 PT X).....         | 341 |
| Tabel 7.9 Hasil transformasi Matrix FPR (Evaluator 1 PT X) .....                  | 341 |
| Tabel 7.10 Hasil Estimasi Nilai Sebelum Transformasi.....                         | 342 |
| Tabel 7.11 Hasil Estimasi Nilai Sebelum Transformasi.....                         | 342 |
| Tabel 7.12 Hasil <i>Expertise Based Ranking of Experts</i> .....                  | 343 |
| Tabel 7.13 Hasil Kuesioner <i>Applicability</i> Metodologi LC-VSM.....            | 344 |
| Tabel 8.1 Pembagian Peran dan Tanggung Jawab Sumber Daya.....                     | 352 |
| Tabel 8.2 Instruksi Metodologi LC-VSM .....                                       | 358 |



## DAFTAR GAMBAR

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Gambar 2.1  | Contoh <i>Current StateMap</i> .....  | 14  |
| Gambar 2.2  | Contoh <i>Future State Map</i> .....  | 15  |
| Gambar 2.3  | Perkembangan <i>Sustainable Manufacturing</i> .....   | 19  |
| Gambar 2.4  | Tahapan pada <i>Life Cycle Assesment</i> .....  | 20  |
| Gambar 2.5  | Visualisasi Penggunaan Bahan Baku.....  | 28  |
| Gambar 2.6  | Visualisasi Penggunaan Energi.....  | 29  |
| Gambar 2.7  | Visualisasi Penggunaan Air .....  | 30  |
| Gambar 2.8  | Interface Pollutan (Emisi) pada Setiap Tahapan.....   | 31  |
| Gambar 2.9  | Visualisasi <i>Life Cycle Value Stream Mapping</i> .....  | 41  |
| Gambar 2.10 | Life Cycle Value Stream Mapping pada Perusahaan Minuman .....   | 42  |
| Gambar 2.11 | Contoh Diagram <i>Input Output</i> pada Industri <i>Breweries</i><br>dari Aspek <i>Sustainability Manufacturing</i> ..... | 43  |
| Gambar 2.12 | Diagram SIPOC pada Industri Filter Rokok .....  | 44  |
| Gambar 3.1  | <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....  | 63  |
| Gambar 4.1  | Layout Pabrik PT X .....  | 82  |
| Gambar 4.2  | Kendaraan Pick Up .....   | 82  |
| Gambar 4.3  | Tangki <i>Sand Filter</i> .....   | 83  |
| Gambar 4.4  | Tangki Pendorong.....   | 83  |
| Gambar 4.5  | Tangki <i>Mikro Filter</i> .....  | 84  |
| Gambar 4.6  | Mesin UV dan Ozonisasi .....  | 84  |
| Gambar 4.7  | Mesin Sikat Galon Dalam .....   | 84  |
| Gambar 4.8  | Mesin Pembilas Galon Dalam .....  | 85  |
| Gambar 4.9  | <i>Heat Gun</i> .....   | 85  |
| Gambar 4.10 | Pompa Air Listrik 1 .....   | 86  |
| Gambar 4.11 | Pompa Air Listrik 2 .....   | 86  |
| Gambar 4.12 | Diagram SIPOC .....   | 94  |
| Gambar 4.13 | <i>Bill of Material Tree</i> (BOM Tree) Produk AMDK Galon PT X .....  | 96  |
| Gambar 4.14 | Peta Kendali Keseragaman Data Proses proses pencucian galon .....   | 108 |
| Gambar 4.15 | Hasil Uji normalitas waktu bilas soda .....   | 114 |
| Gambar 4.16 | Alur Konsumsi Air pada Tahap Manufaktur .....   | 119 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Gambar 4.17 | LC-VSM PT X .....   | 151 |
| Gambar 4.18 | Rekomendasi Penjadwalan Produksi.....                           | 157 |
| Gambar 5.1  | Denah Pabrik AMDK PT Y .....                                    | 166 |
| Gambar 5.2  | Diagram SIPOC AMDK Galon PT Y .....                             | 169 |
| Gambar 5.3  | Diagram BOM <i>Tree</i> AMDK GALon PT Y .....                   | 174 |
| Gambar 5.4  | Persebaran Produk AMDK Galon PT Y .....                         | 199 |
| Gambar 5.5  | LC-VSM PT Y .....   | 226 |
| Gambar 6.2  | Layout Perusahaan PT Z .....                                    | 235 |
| Gambar 6.3  | Perbandingan Jumlah Permintaan Aki PT Z .....                   | 239 |
| Gambar 6.4  | Diagram SIPOC.....  | 246 |
| Gambar 6.5  | <i>Bill Of Material</i> Aki Konvensional .....                  | 249 |
| Gambar 6.6  | LC-VSM PT Z.....  | 296 |
| Gambar 7.1  | Perbandingan Tingkat Ketersediaan Data .....                    | 330 |
| Gambar 7.2  | Perbandingan Kebutuhan Waktu Pengumpulan & Pengolahan Data..... | 332 |
| Gambar 7.3  | Perbandingan Dukungan Perusahaan .....                          | 334 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Lampiran 1 | Kuesioner Perilaku Konsumen AMDK Galon .....                                | 383 |
| Lampiran 2 | Kuesioner Perilaku Konsumen AKi.....  | 385 |
| Lampiran 3 | Kuesioner <i>Applicability</i> Kemudahan dan Hambatan Penerapan LC-VSM..... | 387 |
| Lampiran 4 | Kuesioner Kriteria Metode Aplikatif.....                                    | 391 |
| Lampiran 5 | Kuesioner <i>Applicability</i> Metode LC-VSM .....                          | 393 |
| Lampiran 6 | Data Gudang Material PT X .....   | 397 |
| Lampiran 7 | Hasil Perhitungan STS PT X .....  | 401 |



(halaman ini sengaja dikosongkan)



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan diuraikan penjelasan mengenai latar belakang penelitian ini dilakukan, rumusan masalah pada penelitian ini, tujuan dari pelaksanaan penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi penelitian, manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian ini, serta uraian sistematika penulisan laporan pada penelitian ini.

### **1.1 Latar Belakang**

Aktivitas pada industri manufaktur memberikan dampak yang cukup besar terhadap lingkungan yaitu melalui penggunaan sumber daya alam yang berlebih serta limbah yang dihasilkan. Sumber daya alam merupakan sumber daya yang terbatas dan tidak dapat diperbarui. Penggunaan sumber daya yang tidak terkendali dapat menyebabkan generasi di masa yang akan datang kekurangan sumber daya alam sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhannya. Sedangkan limbah yang dihasilkan oleh industri manufaktur dapat menyebabkan pencemaran lingkungan seperti pencemaran udara akibat emisi gas rumah kaca ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SF}_6$ ) yang dihasilkan, pencemaran air akibat limbah cair yang mengandung zat kimia, serta pencemaran tanah akibat limbah padat yang dihasilkan. Hal ini melatarbelakangi perlunya peraturan mengenai perlindungan lingkungan demi menjaga keberlangsungan di masa depan. Salah satu peraturan perlindungan lingkungan berstandar internasional adalah sertifikasi ISO 14000 yang menjadi salah satu acuan utama para praktisi manufaktur (Khamidatun, 2006). Selain pentingnya memperhatikan aspek lingkungan, aspek sosial perlu untuk dipertimbangkan. Hal ini disebabkan oleh manusia memiliki peran yang penting dalam membangun *sustainability*.

Selain adanya peraturan perlindungan terhadap lingkungan dan sosial, meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga lingkungan dan sosial demi kehidupan yang lebih baik di masa datang mendorong perusahaan saat ini untuk bersaing tidak hanya menjadi efisien (*lean*) namun juga *sustainable*.

Konsep *sustainable manufacturing* menjadi landasan utama bagi para praktisi industri manufaktur untuk tetap bertahan di persaingan pasar global. Hal ini disebabkan oleh *sustainable manufacturing* dapat menjadi *competitive advantage* bagi perusahaan. Perusahaan yang menggunakan konsep *sustainable* lebih mampu bersaing secara global mengingat mereka telah mampu memenuhi standar pada ISO 14000.

Awal tahun 1940 konsep *lean manufacturing* menjadi sebuah paradigma baru yang dinilai memiliki banyak manfaat dalam penerapannya. *Lean manufacturing* fokus pada aspek ekonomi yang bertujuan memperbaiki sistem secara terus menerus untuk menghilangkan pemborosan pada sistem manufaktur sehingga mengurangi biaya produksi dan mempercepat produk diterima oleh konsumen. Namun saat ini paradigma tersebut berkembang menuju konsep *sustainability* yaitu fokus pada *triple bottom line* yang tidak hanya fokus pada ekonomi namun juga mempertimbangkan aspek lingkungan dan sosial. Hal ini disebabkan oleh keuntungan pada aspek ekonomi sudah tidak mampu menjamin keberlanjutan kehidupan yang akan datang, oleh karena itu paradigma tersebut bergeser menuju *sustainable manufacturing*. *Sustainable manufacturing* diartikan oleh United States Department of Commerce (2010) yaitu

*“sustainable manufacturing is the creation of manufactured products that use processes that minimize negative environmental impacts, conserve energy and natural resources, are safe for employee, communities, and consumer and are economically sound”* (US DOC, 2010).

Faulkner & Badurdeen (2014) menyebutkan bahwa *sustainable manufacturing* menjadi hal yang penting dimana mencakup penggunaan proses dan sistem yang *sustainable* untuk menghasilkan produk yang lebih *sustainable*. Selain itu, untuk meraih *sustainable* pada manufaktur dibutuhkan pemeriksaan menyeluruh dari proses desain produk, proses manufaktur, dan keseluruhan *supply chain* (Faulkner & Badurdeen, 2014; Brown et al, 2014). Dari penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa *sustainable manufacturing* menjadi hal yang penting untuk diperhatikan saat ini dalam setiap proses yang terkait dengan produk.

Saat ini *lean manufacturing* telah banyak digunakan untuk mengembangkan sebuah strategi menuju *green* dan *sustainable manufacturing* (Faulkner &

Badurdeen, 2014). Salah satu metode visualisasi proses produksi dengan prinsip *lean* adalah *value stream mapping* (VSM). VSM dikenalkan oleh Rother and Shook pada tahun 1999. VSM merupakan sebuah metode yang telah diterima dan digunakan oleh banyak praktisi untuk meningkatkan sistem produksi dengan menggunakan prinsip *lean*. VSM bertujuan untuk mengidentifikasi dan memvisualisasikan *waste* pada proses manufaktur dimana tujuan utamanya adalah mengetahui praktik produksi yang berorientasi pada *lean* serta mengembangkan rencana untuk meningkatkan performansi dimasa yang akan datang (Brown et al. 2014). VSM akan menggambarkan seluruh aktivitas sepanjang lini produksi dan akan membagi aktivitas tersebut sebagai aktivitas yang bernilai tambah (*value added*) atau tidak bernilai tambah (*non value added*). Dalam aplikasinya VSM tidak mempertimbangkan secara langsung performansi faktor lingkungan dan sosial sepanjang lini produksi. Sehingga untuk memudahkan visualisasi proses produksi dengan *sustainable manufacture*, banyak peneliti telah berusaha untuk mengembangkan *value stream mapping* dengan mempertimbangkan aspek lingkungan dan sosial.

Hartini et al (2016) telah merangkum penelitian terkait VSM yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Torres & Gati dalam Hartini et al (2016) yaitu mengembangkan *environmental value stream mapping* yaitu mengembangkan metodologi untuk memetakan aspek lingkungan pada VSM. Aspek lingkungan yang dipertimbangkan adalah penggunaan air. Penelitian Kuriger & Chen dalam Hartini et al (2016) mengembangkan metodologi *energi and environmental value stream mapping*. Aspek yang dipertimbangkan pada penelitian ini adalah aspek time (*waste*) dan lingkungan yang terdiri dari pengukuran konsumsi energi dan material. Dadashzadeh & Wharton dalam Hartini et al (2016) mengembangkan *green VSM* pada department IT. Aspek yang dipertimbangkan pada penelitian ini adalah aspek lingkungan yang terdiri dari energi, air, material, *waste*, transportasi, emisi, dan biodiversity. Faulkner & Badurdeen dalam Hartini et al (2016) mengembangkan metodologi *sustainable value stream mapping* pada industri *satellite dish*. Pada penelitian ini aspek sosial mulai dilibatkan pada VSM. Aspek lingkungan yang dipertimbangkan adalah time (*waste*), energi, material, dan air.

Sedangkan aspek sosial yang dipertimbangkan adalah beban kerja fisik operator serta lingkungan kerja operator. Perkembangan penelitian VSM untuk menuju *sustainable* dapat dilihat pada Tabel 2.5

Mengingat konsep *sustainability* membutuhkan pemeriksaan yang menyeluruh pada sistem maka Hartini et al (2016) mengembangkan sebuah metode pengukuran dengan menggunakan konsep integrasi *lean* dan *green* yang disebut dengan *life cycle value stream mapping* (LC-VSM). LC-VSM merupakan sebuah metode yang bertujuan untuk meningkatkan sustainabilitas suatu sistem secara menyeluruh. LC-VSM mengukur aspek lingkungan dan sosial sepanjang siklus hidup produk yaitu dimulai dari tahap pra manufaktur, manufaktur, distribusi, konsumsi (*use*), dan pasca konsumsi produk (*end of life*). Penelitian yang dilakukan oleh Hartini et al (2016) melatarbelakangi untuk dilakukan penelitian ini.

LC-VSM merupakan sebuah metode yang memiliki serangkaian metodologi dalam penggunaannya. Sejauh ini LC-VSM masih dalam pengembangan dan belum diterapkan secara komprehensif di perusahaan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menerapkan LC-VSM pada beberapa perusahaan manufaktur di Indonesia. Penerapan LC-VSM akan dianalisis untuk memperoleh evaluasi *applicability* dari metode dan metodologi LC-VSM. *Applicability* merupakan suatu proses evaluasi pada suatu metode/metodologi/konsep baru yang belum diketahui apakah metode/metodologi/konsep tersebut dapat diterapkan dan dapat memberikan manfaat kepada pengguna sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Meninjau bahwa LC-VSM merupakan metode baru maka perlu dilakukan proses evaluasi *applicability* pada metode dan metodologi LC-VSM sehingga dapat diketahui tingkat penerapan, kesesuaian dan hambatan, serta kemanfaatan metode dan metodologi LC-VSM dalam penerapan LC-VSM pada perusahaan manufaktur. Pengukuran *applicability* dapat digunakan sebagai dasar pengembangan suatu produk seperti *software* LC-VSM pada perkembangan penelitian berikutnya apabila LC-VSM terbukti aplikatif namun sulit untuk digunakan.

Pada penelitian ini evaluasi *applicability* dilakukan melalui dua perspektif yaitu dari peneliti dan perusahaan. Proses *applicability* perspektif peneliti

dilakukan dengan mengidentifikasi kemudahan dan kelemahan metode dan metodologi LC-VSM dari proses penerapannya pada beberapa perusahaan manufaktur. Sedangkan pada perspektif perusahaan (pengguna) dilakukan dengan menyebarkan kuesioner *applicability*. Kuesioner *applicability* akan dinilai oleh evaluator di setiap perusahaan. Evaluator akan diseleksi dengan *Expertise based ranking of Experts*. Evaluasi metode dan metodologi LC-VSM membutuhkan evaluator yang *experts* yaitu mampu memahami suatu konsep dengan baik khususnya konsep LC-VSM hal ini mengingat LC-VSM memiliki lingkup yang luas yaitu mulai dari tahap pra manufaktur hingga tahap pasca konsumsi. Oleh karena itu untuk menjamin kualitas jawaban evaluator maka perlu dilakukan seleksi pada beberapa evaluator di perusahaan untuk mengetahui evaluator yang memiliki kemampuan pemahaman dan pengambilan keputusan dengan baik yaitu dengan menggunakan *Expertise based ranking of Experts*. *Expertise based ranking of Experts* menggunakan nilai CWS (Cochran – Weiss – Shanteau) index yaitu perbandingan dari konsistensi dan diskriminasi evaluator dalam menjawab item pernyataan pada kuesioner. Sehingga evaluator yang memiliki nilai CWS tertinggi dianggap paling mampu membedakan dan konsisten terhadap suatu pernyataan dibandingkan dengan evaluator lain. Evaluator yang memiliki nilai CWS-index tertinggi dianggap *experts* dan dipilih untuk mengisi kuesioner *applicability* LC-VSM. Hasil dari evaluasi *applicability* yang dilakukan akan disusun rekomendasi penerapan sehingga memudahkan para praktisi manufaktur di Indonesia untuk mengukur dan menerapkan LC-VSM dalam menghasilkan sistem yang lebih *sustainable*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

LC-VSM yang saat ini dikembangkan oleh Hartini et al (2016) masih sebatas pada teori dan belum diterapkan secara komprehensif pada perusahaan manufaktur di Indonesia, karenanya belum diketahui tingkat *applicability* metode dan metodologi LC-VSM ketika diterapkan. Para peneliti sebelumnya hanya sebatas pada pengembangan metode tanpa melakukan evaluasi *applicability*, sehingga tidak diketahui bagaimana *applicability* metode ketika diterapkan di lapangan. Apabila metode dan metodologi LC-VSM dianggap aplikatif maka

perlu disusun rekomendasi penerapan LC-VSM untuk memudahkan para praktisi manufaktur di Indonesia dalam mengukur dan menerapkan LC-VSM di perusahaan.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Terdapat tiga tujuan pelaksanaan penelitian ini berdasarkan permasalahan yang dijelaskan sebelumnya, yaitu:

1. Menerapkan LC-VSM pada beberapa perusahaan manufaktur di Indonesia.
2. Mengevaluasi *applicability* dari LC-VSM di perusahaan.
3. Menyusun rekomendasi penerapan LC-VSM berdasarkan hasil evaluasi *applicability*

### **1.4 Asumsi Penelitian**

Pada bagian pertama yaitu penerapan LC-VSM pada studi kasus menggunakan asumsi sebagai berikut:

1. Selama penelitian berlangsung proses produksi dan distribusi diasumsikan berjalan normal
2. Pengukuran kinerja pada distributor / retailer utama dapat mewakili keseluruhan distributor / retailer lainnya.
3. Kebijakan perusahaan tidak mengalami perubahan selama proses penerapan LC-VSM berlangsung.
4. Struktur dan proses bisnis tidak mengalami perubahan ketika proses penerapan LC-VSM berlangsung

### **1.5 Batasan Penelitian**

Batasan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Perusahaan yang digunakan adalah perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur.
2. Produk yang menjadi obyek penelitian adalah varian produk yang menggunakan strategi *reverse logistic* dan memiliki permintaan tertinggi.
3. Pengukuran indikator terkait biaya tidak dilakukan
4. Pengumpulan data terkait pihak ketiga tidak dilakukan



## **1.6 Manfaat Penelitian**

Dari pelaksanaan penelitian ini, beberapa manfaat yang diharapkan dapat dicapai adalah sebagai berikut:

1. Penelitian diharapkan mampu memberikan penambahan bagi ilmu pengetahuan dalam pengembangan konsep *sustainability* melalui LC-VSM
2. Dari hasil penelitian diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai *applicability* metode LC-VSM sehingga didapatkan rekomendasi penerapan LC-VSM dan dapat digunakan sebagai landasan perbaikan metode LC-VSM.
3. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat bagi perusahaan dalam mengevaluasi dan memperbaiki sistem menuju sistem yang lebih berkelanjutan dengan menggunakan LC-VSM.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Penulisan laporan penelitian ini diuraikan dalam beberapa bab yang ditulis secara sistematis sesuai dengan urutan proses pengerjaan penelitian. Sistematika penulisan secara rinci akan dijelaskan berikut ini.

### **1) BAB I Pendahuluan**

Penulisan laporan ini diawali dengan penulisan bab pendahuluan yaitu bab yang menjelaskan alasan atau latar belakang penelitian ini dilakukan, perumusan masalah yang didapatkan dari latar belakang penulisan, tujuan pelaksanaan penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan pada penelitian, manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian ini, serta uraian sistematika penulisan laporan pada penelitian.

### **2) BAB II Tinjauan Pustaka**

Bab tinjauan pustaka merupakan bab yang membahas seluruh teori, temuan, dan berbagai referensi yang digunakan pada penelitian ini untuk memudahkan dalam pengerjaan penelitian.

### **3) BAB III Metodologi Penelitian**

Bab ini akan menjelaskan secara detail alur dari pelaksanaan penelitian. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kerangka berfikir peneliti serta metode apa

saja yang digunakan sehingga didapatkan hasil penelian sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan sebelumnya.

4) BAB IV Penerapan LC-VSM di perusahaan X

Pada bab ini akan dibahas keseluruhan informasi mengenai perusahaan PT X yang diutamakan keseluruhan tahap *life cycle* produk, proses pengumpulan data, dan proses pengolahan data dengan menggunakan LC-VSM sehingga data yang didapatkan dapat diinterpretasikan menjadi informasi yang bermanfaat.

5) BAB V Penerapan LC-VSM di perusahaan Y

Pada bab ini akan dibahas keseluruhan informasi mengenai perusahaan PT Y yang diutamakan keseluruhan tahap *life cycle* produk, proses pengumpulan data, dan proses pengolahan data dengan menggunakan LC-VSM sehingga data yang didapatkan dapat diinterpretasikan menjadi informasi yang bermanfaat.

6) BAB VI Penerapan LC-VSM di perusahaan Z

Pada bab ini akan dibahas keseluruhan informasi mengenai perusahaan PT Z yang diutamakan keseluruhan tahap *life cycle* produk, proses pengumpulan data, dan proses pengolahan data dengan menggunakan LC-VSM sehingga data yang didapatkan dapat diinterpretasikan menjadi informasi yang bermanfaat.

7) BAB VII Evaluasi *Applicability* Metode dan Metodologi LC-VSM

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai hasil pengolahan data yang didapatkan dari bab sebelumnya. Pada bab ini akan dilakukan evaluasi *applicability* metode dan metodologi LC-VSM pada beberapa perusahaan manufaktur.

8) BAB VIII Penyusunan Rekomendasi Penerapan LC-VSM

Pada bab ini akan disusun rancangan penerapan LC-VSM untuk memudahkan para praktisi manufaktur di Indonesia dalam mengukur dan mengimplementasikan LC-VSM di perusahaan sebagai bentuk rekomendasi hasil evaluasi *applicability*.

#### 9) BAB IX Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir pada sistematika penulisan ini akan ditarik kesimpulan dari pelaksanaan penelitian ini yang disesuaikan dengan tujuan yang ditetapkan sebelumnya. Selain hal tersebut saran yang membangun juga diberikan untuk perusahaan dan penelitian yang akan datang.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai uraian teori dan referensi yang menjadi landasan dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### **2.1. Konsep *Lean Manufacturing***

##### **2.1.1 Definisi *Lean Manufacturing***

*Lean* didefinisikan oleh beberapa pakar yaitu *lean* merupakan sebuah filosofi yang bertujuan untuk meminimalkan jumlah sumberdaya (termasuk waktu) yang digunakan pada berbagai aktivitas bisnis; hal ini termasuk pada identifikasi dan eliminasi aktivitas *non value added* pada proses desain, produksi, manajemen supply chain, dan *dealing* dengan konsumen (Cox & Blackstone, 1998). *Lean manufacturing* merupakan sebuah filosofi yang berbasis pada *Toyota Production System* dan berbagai praktek manajemen Jepang yang bertujuan untuk memperpendek waktu antara pemesanan konsumen dan pengiriman produk jadi dengan cara menghilangkan *waste* (Singh, 1998).

Ada 7 macam *waste* yang didefinisikan menurut Hines & Taylor (2000) yaitu:

1. *Overproduction*

Memproduksi barang dengan jumlah yang berlebih (melebihi kebutuhan konsumen).

2. *Defects*

Memproduksi produk dengan kualitas yang tidak sesuai dengan persyaratan (spesifikasi) yang ditetapkan sehingga membutuhkan proses perbaikan. Proses produksi produk yang *defect* banyak memberikan dampak terhadap perusahaan seperti dampak konsumsi material, waktu, dan biaya.

3. *Unnecessary Inventory*

*Unnecessary Inventory* adalah aktivitas penyimpanan barang jadi, barang setengah jadi (WIP), dan material yang berlebih. Aktivitas ini dapat

menyebabkan biaya bertambah, area penyimpanan, dan tenaga kerja untuk pengawasan.

4. *Inappropriate processing*

Merupakan suatu proses pada kegiatan proses produksi yang tidak memberikan nilai tambah pada produk atau dapat diefisinsikan dengan baik. Contohnya adalah kegiatan inspeksi yang berulang kali.

5. *Excessive transportation*

Pergerakan dari pekerja, informasi, dan atau material/produk yang berlebihan sehingga menyebabkan pemborosan dari segi waktu, tenaga dan biaya.

6. *Waiting*

Terjadinya proses menunggu pada pekerja atau material/produk. Aktivitas ini pada umumnya disebabkan seperti adanya kerusakan mesin, ketidakseimbangan kemampuan mesin dan tenaga kerja, serta aliran produksi yang tidak baik.

7. *Unneccessary motion*

Pergerakan pekerja (*motion*) yang tergolong pada aktivitas pemborosan dimana *motion* tersebut tidak perlu untuk dilakukan atau tidak memberikan nilai tambah kepada produk. Contohnya adalah peletakkan komponen produk yang jauh dari jangkauan pekerja sehingga pekerja perlu mencari dan mengambil komponen tersebut.

Banyak metode atau *tools* yang telah digunakan oleh praktisi untuk menuju konsep *lean*, antara lain adalah 5S, *six sigma*, *Total Productive Maintenance* (TPM), *Just in time* (JIT), *Value Stream Mapping* (VSM), *kaizen*, dan sebagainya (Bhamu & Sangwan, 2014). Metode yang umum digunakan untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada seluruh sistem manufackur adalah dengan menggunakan VSM (Brown et al, 2014). VSM dikenalkan oleh Rother & Shook (1999). VSM memiliki tujuan utama untuk memperbaiki sistem manufaktur sehingga menjadi sejalan dengan *lean thinking* yaitu dengan cara mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste (time)* yang terjadi pada sistem manufaktur dengan menggunakan peta.

VSM telah banyak digunakan penelitian terdahulu untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi perusahaan. Jiminez et al. (2012) menggunakan VSM pada industri *wine*. Penelitian ini menilai kondisi perusahaan saat ini dengan aspek penilaian *waste (time)* dan digambarkan pada *current VSM*, sedangkan hasil perbaikan yang dilakukan digambarkan pada *future VSM*. *Tools* ini dinilai efektif karena memudahkan praktisi untuk memetakan kondisi perusahaan saat ini sehingga mudah mengambil rancangan perbaikan.

### 2.1.2 Value Stream Mapping (VSM)

Salah satu metode analisis yang digunakan pada *lean manufacturing* adalah dengan menggunakan *value stream mapping (VSM)*. *Value stream* adalah aliran utama semua aktivitas baik *value added* dan *non value added activity* yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk, yaitu aliran produksi dari *raw material* hingga ke tangan konsumen dan aliran desain dari konsep sampai *launching* produk (Rother & Shook, 1999). VSM adalah suatu metode untuk menggambarkan proses aktual untuk memproduksi barang dengan memetakan baik aliran material dan juga aliran informasi pada semua level, tidak hanya pada proses individual tetapi juga mencakup *supplier* dan konsumen (Rother & Shook 1999).

VSM memberikan gambaran yang nyata yang digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas yang tidak bernilai didalam perusahaan. Seperti dapat disimpulkan dari Rother & Shook (1999) beberapa keuntungan dari VSM adalah sebagai berikut:

- a. Untuk membantu perusahaan dalam usaha visualisasi lebih dari proses tunggal.
- b. Pemetaan membantu perusahaan tidak hanya melihat *waste* yang ada tetapi juga sumber penyebab *waste* yang terdapat dalam *value stream*.
- c. Sebagai dasar dari rencana implementasi, membantu perusahaan merancang bagaimana keseluruhan aliran proses harus dioperasikan.

Terdapat tiga jenis aktivitas yang digunakan untuk memudahkan identifikasi *waste* yaitu (Hines & Taylor, 2000)

1. *Value Added (VA) Activity.*

Segala aktivitas yang dalam menghasilkan produk atau jasa yang memberikan nilai tambah dimata konsumen.

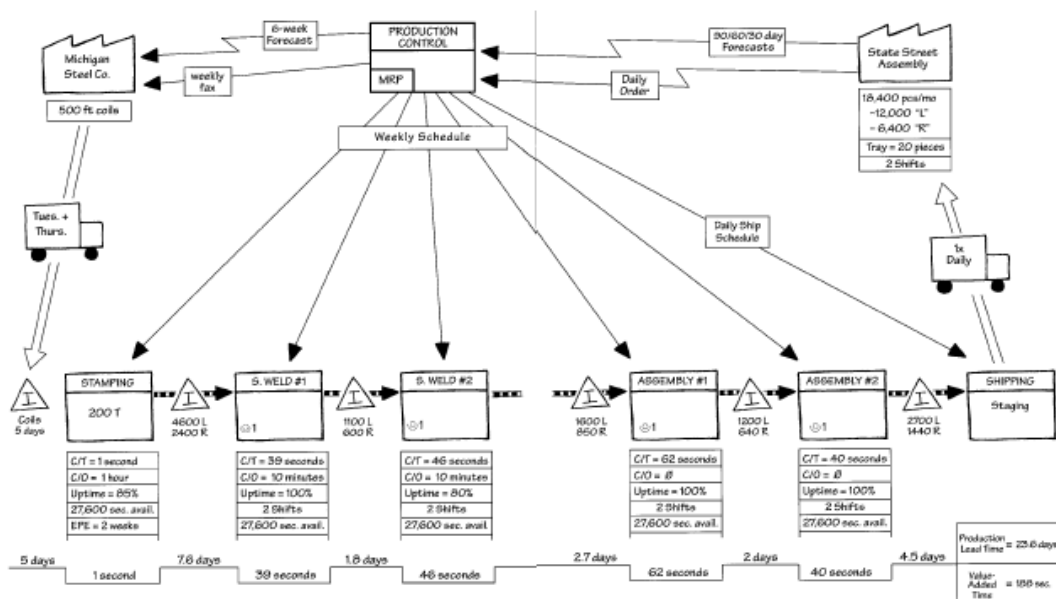
2. *Non Value Added (NVA) Activity.*

Segala aktivitas yang dalam menghasilkan produk atau jasa yang tidak memberikan nilai tambah dimata konsumen. Aktivitas inilah yang disebut *waste* yang harus dijadikan target untuk segera dihilangkan.

3. *Necessary Non Value Added (NNVA) Activity.*

Segala aktivitas yang dalam menghasilkan produk atau jasa yang tidak memberikan nilai tambah dimata konsumen tetapi diperlukan kecuali apabila sudah ada perubahan pada proses yang ada. Aktivitas ini biasanya sulit untuk dihilangkan dalam waktu singkat, sehingga harus dijadikan target untuk melakukan perubahan dalam jangka waktu yang cukup lama

Dua tipe dari *Value Stream Mapping* adalah *Current State Map* dan *Future State Map*. *Current State Map* berfungsi untuk memetakan kondisi di lantai pabrik saat ini sehingga dapat mengidentifikasi *waste* apa saja yang terjadi. *Future State Map* merupakan proses mengembangkan rencana implementasi dari desain perbaikan untuk mengurangi atau menghilangkan *waste*.






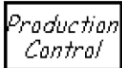


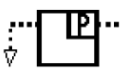
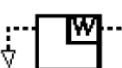
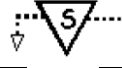




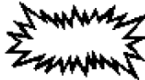





Gambar 2.1 Contoh *Current State Map* (Rother & Shook, 1999)



Tabel 2.1 Simbol-simbol *Value Stream Mapping*15

Lanjutan Tabel 2.1 Simbol-simbol *Value Stream Mapping*

| Simbol  | Nama                      | Keterangan  |
|---|---------------------------|---|
|    | <i>Supermarket</i>        | Persediaan yang tersedia sedikit dan operasi-operasi di bawahnya akan datang untuk mengambil sesuai dengan yang dibutuhkan. |
|    | <i>Material Pull</i>      | Supermarket terhubung ke operasi di bawahnya dengan aliran <i>pull</i> .  |
|    | <i>FIFO Lane</i>          | <i>First-In-First-Out inventory</i> dengan maksimum persediaan.   |
|    | <i>Safety Stock</i>       | Digunakan untuk persediaan yang berfungsi sebagai simpanan stok terhadap masalah sehingga tidak terjadi kekurangan stok.    |
|    | <i>External Shipment</i>  | Pengiriman dari pemasok ke konsumen dengan transportasi luar.   |
|    | <i>Production Control</i> | Pusat penjadwalan dan kontrol.  |
|    | <i>Manual Info</i>        | Aliran informasi secara manual dapat berupa memo, laopran, dan percakapan.  |
|   | <i>Elektronik Info</i>    | Aliran informasi secara elektronik.   |
|  | <i>Production Kanban</i>  | Sinyal untuk proses sebelumnya untuk menyediakan lebih lagi ke proses di bawahnya.  |
|  | <i>Withdrawal Kanban</i>  | Menginstruksikan operator untuk pergi ke supermarket dan mengambil barang yang dibutuhkan.                                  |
|  | <i>Signal Kanban</i>      | Digunakan untuk level persediaan antara dua proses telah mencapai nilai minimum.  |
|  | <i>Kanban Post</i>        | Lokasi di mana sinyal kanban diletakkan.  |
|  | <i>Mrp/Erp</i>            | Penjadwalan dengan sistem.  |
|  | <i>Go See</i>             | Pengumpulan informasi dengan melihat langsung.  |
|  | <i>Verbal Information</i> | Aliran informasi verbal.  |
|  | <i>Kaizen Burst</i>       | Menandakan perencanaan perbaikan dan rencana untuk mencapai <i>future state</i> .   |
|  | <i>Operator</i>           | Menandakan pekerja.   |
|  | <i>Other</i>              | Informasi lainnya yang mungkin berguna.   |
|  | <i>Timeline</i>           | Menunjukkan waktu siklus dan waktu menunggu   |

Sumber: Rother & Shook (1999)

## **2.2. Konsep Sustainable Manufacturing**

### **2.2.1 Definisi Sustainable Manufacturing**

*Sustainability manufacturing* merupakan sebuah usaha dari pembangunan konsep *sustainable development*. *Sustainable development* merupakan sebuah konsep yang dikenalkan pada awal 1972 dan dikenal baik sebagai visi yang mengaitkan isu sosial, ekonomi, dan lingkungan (ADB, 2012). Konsep ini diperkuat oleh report yang dikeluarkan dan dikomentasikan oleh *The World Commision on Environmental and Development* (WCED) pada tahun 1987. Report ini berjudul *Our Common Future* dan pada umumnya disebut sebagai *Brundlant report*. Pada report ini WCED mengartikan *sustainable development* adalah:

*“Development that needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”* (WCED, 1987)

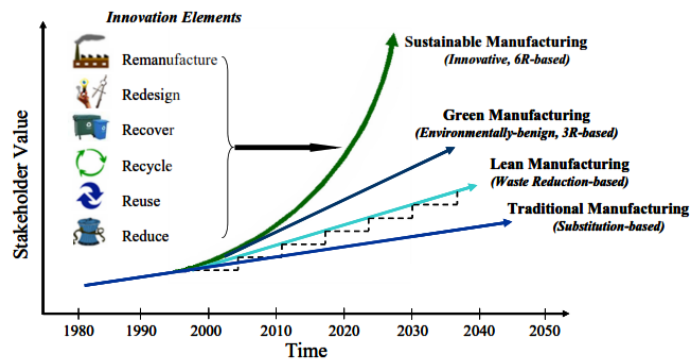
Empat dimensi yang diperoleh dari *Brundlant Report* adalah menjaga keberlanjutan ekologis jangka panjang, memenuhi kebutuhan dasar manusia, mempromosikan ekuitas intragenerasional dan intergenerasional (E.Holden, et al, 2014). Selain empat dimensi tersebut dua gagasan utama yang diperoleh dari *Brundlant Report* adalah (ADB, 2012):

1. Konsep kebutuhan, memberikan prioritas utama pada orang-orang yang miskin
2. Gagasan untuk membatasi kemampuan lingkungan sehingga mampu memenuhi kebutuhan sakarang dan masa depan

Perkembangan berikutnya adalah pada tahun 1992 diterbitkan “*Changing Course*” oleh *The Business Council for Sustainable Development*. Hal ini bertujuan untuk menetapkan kepentingan bisnis dalam mempraktekan konsep *sustainable development*. Pada tahun yang sama konferensi mengenai lingkungan dan pengembangan diselenggarakan di Rio de Janeiro dan didapat kesepakatan pada Agenda 21 yaitu mengenai konvensi keanekaragaman hayati, konvensi kerangka kerja tentang perubahan iklim, dan prinsip-prinsip hutan yang tidak mengikat. Majelis PBB membentuk komisi *sustainable development* untuk mengawasi pelaksanaan Agenda 21.

Dari berbagai report dan konferensi yang diselenggarakan pada tahun-tahun sebelumnya menyebabkan berbagai pengusaha di dunia bersepakat untuk berkomitmen terhadap lingkungan. Hal ini dibuktikan oleh peluncuran index *global sustainability* yang berfungsi untuk melacak praktik keberlanjutan perusahaan terdepan diseluruh dunia yang disebut dengan *Dow Jones Sustainability Indexes* (ADB,2012). Index ini memberikan panduan kepada para perusahaan yang menganut prinsip *sustainable development*. Dari hal tersebut para praktisi perusahaan berlomba-lomba untuk menerapkan prinsip *sustainable development* karena menjadi salah satu kriteria dalam industri global. Sehingga dapat diketahui bahwa perusahaan yang menganut prinsip *sustainable development* memiliki keunggulan kompetitif untuk dapat bersaing secara global.

Untuk meraih *sustainable development* dibutuhkan keselarasan dalam berperilaku, yaitu membutuhkan penerapan aturan, startegi, program, dan proyek yang memperlakukan lingkungan sebagai isu penting (ADB, 2012). *Sustainable development* juga membutuhkan perubahan dalam cara berfikir, sikap, dan tingkah laku pada stakeholder (ADB, 2012). Hal inilah yang menjadi landasan banyak penelitian yang mengacu pada isu lingkungan. Salah satunya adalah penelitian pada bidang manufaktur yang mengacu pada pengembangan pada konsep *green manufacturing*. *Green manufacturing* merupakan konsep yang fokus pada isu lingkungan pada indutri manufaktur. *Green manufacturing* berusaha untuk mengefisinesikan penggunaan energi, sumberdaya, serta berusaha untuk mengurangi sampah dan polusi (Dues et al, 2014). Salah satu upaya untuk menghasilkan sistem yang *green* adalah dengan aktivitas pengurangan limbah ketika produk telah selesai digunakan, aktivitas tersebut dikenal dengan 3R (*reduce, reuse, recycle*). Pada nyatanya perkembangan penelitian aktivitas 3R telah mampu memenehui kebutuhan *lean* dan *green*, namun saat ini aktivitas tersebut telah berkembang menjadi 6R (*reduce, reuse, recycle, recover, redesign, dan remanufacture*) yang menjadi fokus para praktisi untuk memenuhi *sustainable manufacturing* (Jawahir et al, 2006). *Green manufacturing* merupakan salah satu upaya untuk menghasilkan sistem manufaktur menuju berkelanjutan (*sustainable*). Berikut ini merupakan perkembangan dari *sustainable manufacturing*.



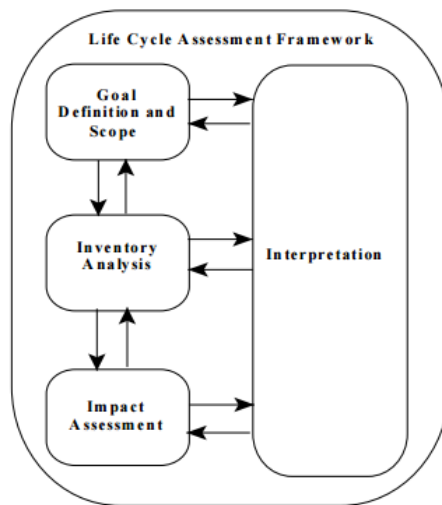
Gambar 2.3 Perkembangan *Sustainable Manufacturing* (Jawahir et al, 2006)

Dari Gambar 2.3 dapat diketahui bahwa dengan seiring perkembangan jaman konsep *sustainable manufacturing* dianggap memiliki keuntungan yang lebih menjanjikan kepada para *stakeholder* (Faulkner & Badurdeen, 2014). Dengan menggunakan konsep *sustainable manufacturing* didapatkan banyak manfaat dibandingkan menerapkan konsep lainnya. Keuntungan menerapkan konsep *sustainable manufacturing* adalah (Dornfeld, 2013):

1. Meminimalkan dampak lingkungan
2. Menghemat energi dan sumber daya alam
3. Keamanan bagi karyawan, masyarakat, dan konsumen
4. Menghemat biaya (ekonomis)

### 2.2.2 *Life Cycle Assessment (LCA)*

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menghitung tingkat *sustainability* perusahaan adalah menggunakan *Life Cycle Assessment (LCA)*. LCA merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk membantu praktisi industri dalam menilai dampak lingkungan dan sumberdaya yang digunakan pada seluruh siklus hidup produk dimulai dari persiapan material, produksi dan penggunaan, hingga manajemen limbah (Finnveden et al, 2009). Metodologi LCA sudah kuat dan telah banyak digunakan oleh para praktisi (Finnveden et al, 2009). Pada umumnya terdapat tiga tahap dalam LCA yaitu (AIA *Guide to Building LCA in Practice*, 2010) :



Gambar 2.4 Tahapan pada *Life Cycle Assessment* (AIA *Guide to Building LCA in Practice*, 2010)

#### A. *Goal and Scope Definition*

Tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan tujuan dan lingkup yang akan diraih dari pelaksanaan penilaian LCA. Pada tahap ini akan diidentifikasi produk atau jasa yang akan dinilai, tipe analisis, kategori dampak yang akan dievaluasi, dan sejumlah data yang dibutuhkan untuk dikumpulkan. Lingkup pada LCA antara lain adalah:

- *Cradle to grave* yaitu mencakup dari bahan baku hingga proses produksi.
- *Cradle to gate* yaitu mencakup dari bahan baku hingga sebelum proses produksi.
- *Gate to gate* yaitu mencakup kegiatan terdekat
- *Gate to grave* yaitu mencakup dari bahan baku hingga proses daur ulang material

#### B. *Inventory Analysis*

LCI merupakan tahap pengumpulan data yang relevan terhadap lingkup proses yang telah ditentukan sebelumnya. Pada tahap ini input dan output dari seluruh proses mulai dari energi, bahan baku, emisi dihitung dan disiapkan sebagai bagian dari analisis *inventory*. Produk dan proses akan dibandingkan dan dievaluasi dengan menggunakan *Life Cycle Inventory*

(LCI). Apabila hasil konsisten maka produk memiliki performansi yang baik atau konsisten.

#### *C. Life Cycle Impact Assessment*

*Impact assessment* akan mengartikan emisi yang dihasilkan dari produk atau proses menjadi berbagai dampak pada manusia dan lingkungan. Untuk memahami dampak maka efek dari sumber daya dan emisi akan dikelompokkan menjadi beberapa kategori dan diberikan nilai (bobot).

#### *D. Interpretation*

Tahap ini merupakan tahap interpretasi data yang telah dikumpulkan menjadi informasi yang berguna. Kebutuhan dan kesempatan untuk mengurangi dampak dari produk atau jasa pada lingkungan akan dievaluasi secara sistematis. Hasil dari langkah ini secara langsung berguna untuk mengambil keputusan demi menjadi ramah lingkungan. LCA dapat menjadi iterative proses, apabila diperlukan adanya perubahan pada desain maka dapat kembali kepada langkah 2.

### **2.3. Integrasi *Lean Manufacturing* dan *Sustainability Manufacturing***

Dalam perkembangan penelitian saat ini telah banyak dikembangkan metode untuk mengintegrasikan konsep *lean manufacturing* dengan konsep *sustainability*. Salah satu metode yang digunakan untuk mengintegrasikan kedua konsep tersebut adalah dengan menggunakan *value stream mapping* (VSM).

#### **2.3.1 Perkembangan *Value Stream Mapping* untuk Meningkatkan *Sustainabilittas***

Salah satu perkembangan penelitian dengan menggunakan VSM adalah mengintegrasikan VSM untuk mengukur kinerja perusahaan yang tidak hanya dari segi operasional atau aspek ekonomi namun juga dari aspek lingkungan dan sosial sehingga menuju konsep *sustainability*. Hartini et al (2016) telah merangkum penelitian terkait VSM yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Pengembangan VSM untuk mencapai manufaktur yang *sustainable* dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Perkembangan VSM untuk mencapai manufaktur yang *sustainable*

| Pilar      | Penulis                   | Usulan                                       | Tujuan  | Metrik  | Area       |
|------------|---------------------------|--|---|---|------------|
| Lingkungan | Simons and Mason (2002)   | <i>Sustainable VSM (SVSM)</i>                | Memaksimalkan rasio <i>value adding time</i> dan meminimalkan emisi CO <sub>2</sub> pada jaringan rantai pasoknya                           | Nilai tambah dan emisi CO <sub>2</sub>  | Distribusi |
|            | US EPA (2007 a,b)         | <i>EPA lean and environment al toolkit</i>   | Mengembangkan <i>toolkit</i> untuk mengevaluasi <i>lean</i> dan kinerja lingkungan  | Nilai tambah, limbah berbahaya, konsumsi air dan material   | Manufaktur |
|            | Torres and Gati (2009)    | <i>Environmen -tal VSM (EVSM)</i>            | Mengembangkan VSM dengan melibatkan metrik lingkungan (air)   | Konsumsi material dan air, jumlah dan biaya pengolahan limbah   | Manufaktur |
|            | Fearne and Norton (2009)  | <i>Sustainable value chain map (SVCN)</i>    | Mengembangkan SVSM simons dan mason dengan meningkatkan kinerja efisiensi operasional dan lingkungan  | Waktu, emisi CO <sub>2</sub> , konsumsi air, jumlah limbah makanan, limbah <i>packing, packing</i> ramah lingkungan | Distibusi  |
|            | Kuriger and Chen (2010)   | <i>Energi and environment al VSM (EEVSM)</i> | Mengembangkan VSM untuk mengukur efisiensi, konsumsi energi dan dampak lingkungan   | Konsumsi waktu, energi, material, jumlah limbah   | Manufaktur |
|            | Eh and Wharton            | <i>Stream Map for an IT service</i>          | Pendekatan sistematis untuk “greening” departemen IT  | Air, material, jumlah limbah, emisi, biodiversitas  | IT         |
|            | Li et al (2012)           | <i>VSM and Carbon emission stream</i>        | Membantu pengambilan keputusan untuk mendapatkan keuntungan finansial dan mengurangi dampak lingkungan dengan emisi <i>carbon</i> dalam VSM | Konsumsi waktu, energi, air, efisiensi karbon produk  | Manufaktur |
|            | E,J Lourenco et al (2013) | <i>Multii layer stream mapping (MSM)</i>     | VSM untuk mengukur dan meningkatkan efisiensi energi, kinerja lingkungan, dan finansial   | Efisiensi waktu, energi, dan biaya  | Manufaktur |
|            | C. Keskin et al (2013)    | <i>Energi value stream maps (E-VSMs)</i>     | VSM untuk meningkatkan efisiensi energi   | Konsumsi waktu dan energi   | Manufaktur |
|            | E. muller et al (2013)    | <i>Energi VSM</i>                            | VSM untuk meningkatkan efisiensi energi   | Konsumsi waktu dan energi   | Manufaktur |
|            | Marimin et al (2014)      | <i>Green value stream</i>                    | Memetakan, mengevaluasi, dan meningkatkan <i>green productivity index (GPI)</i> yang meliputi aspek lingkungan dan pertimbangan ekonomi     | Energi, air, material, sampah, transportasi, emisi, dan biodiversitas   | Manufaktur |



Lanjutan Tabel 2.2 Perkembangan VSM untuk mencapai manufaktur yang *sustainable*

| Pilar                           | Penulis                       | Usulan   | Tujuan  | Metrik   | Area  |
|---------------------------------|-------------------------------|--|---|--|---|
|                                 | Follinas et al (2015)         | <i>Greening the agrifood supply chain with lean thinking practices</i> | Pendekatan sistematis untuk mengukur kinerja lingkungan pada rantai pasok sector pertanian dengan VSM   | Konsumsi waktu, air, energi  | Manufaktur  |
| Lingkungan                      | Follinas et al (2015)         | <i>VSM to greening the canned peach production</i>                     | Pendekatan sistematis untuk mengukur kinerja lingkungan pada rantai pasok sektor pertanian dengan VSM   | Konsumsi energi  | Manufaktur  |
|                                 | Ng et al (2015)               | <i>Carbon-value efficiency metric</i>                                  | Mengintegrasikan <i>lean</i> dan praktek <i>green</i> dalam VSM serta mengembangkan indeks yang merefleksikan kinerja sistem produksi yang disebut sebagai <i>Carbon –Value efficiency metric</i> | Waktu, <i>carbon footprint efficiency</i>  | Manufaktur  |
| Lingkungan dan sosial           | Sparks (2014)                 | <i>SC Sus-VSM combining sus VSM and simulation to SCM</i>              | Mengkombinasikan sus-VSM dengan simulasi untuk mengukur kinerja <i>supply chain</i>   | Konsumsi waktu, material, air, dan energi. Rasio produk cacat, rasio TK lokal, rasio diversitas, material berbahaya, training TK | <i>Multi plant Manufacturing and transportation</i> |
|                                 | Faulkner and Badurdeen (2014) | <i>Sustainable VSM (Sus-VSM)</i>                                       | Mengembangkan <i>sustainable VSM</i> untuk mengevaluasi kinerja sustainabilitas meliputi indikator ekonomi, lingkungan, dan sosial  | Konsumsi air, material, energi, beban bisik, lingkungan kerja  | Manufaktur  |
|                                 | Brown et al (2014)            | <i>Sustainable VSM (Sus-VSM)</i>                                       | Menguji sus-VSM dengan melakukan studi kasus pada berbagai jenis sitem manufaktur   | Konsumsi air, material, energi, beban bisik, lingkungan kerja  | Manufaktur  |
| Lingkungan, ekonomi, dan sosial | Vinodh (2016)                 | <i>LCA Integrated sustainable manufacturing mapping</i>                | Framework yang mengintegrasikan VSM dengan LCA mencapai performansi keberlanjutan   | Konsumsi waktu, material, energi, biaya, dampak lingkungan   | Manufaktur  |
|                                 | Paju et al (2010)             | <i>Sustainable manufacturing mapping (SMM)-DES &amp; LCA</i>           | SMM mengkombinasikan LCA, simulasi (DES), dan <i>value stream mapping</i> (VSM) menjadi model yang sederhana untuk mengukur indikator sustainabilitas   | Konsumsi energi, material, emisi, biaya, jumlah jam kerja, tingkat absensi, jumlah reklamasi                                     | Manufaktur  |

Sumber: Hartini, et al (2016)

Perkembangan VSM yang telah dirangkum oleh Hartini, et al (2016) dapat diketahui bahwa:

1. 10% peneliti telah berusaha mengintegrasikan aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial kedalam VSM. Sedangkan 16 % mengintegrasikan lingkungan dan sosial, dan 74 % menintegrasikan aspek lingkungan terhadap VSM.
2. 79 % peneliti mengembangkan konsep *sustainable* dalam VSM terbatas pada area manufaktur, 16 % dalam area distribusi, dan lainnya diluar sistem industri manufaktur.

Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa VSM merupakan metode dan alat analisis yang dapat dikembangkan dalam memudahkan pengidentifikasian *waste* yang terkait dengan aspek *triple bottom line* (lingkungan, sosial, dan ekonomi). Selain hal tersebut dapat diketahui bahwa masih belum banyak peneliti yang mempertimbangkan aspek *triple bottom line* secara berkesinambungan pada keseluruhan tahapan siklus hidup produk.

### **2.3.2 Life Cycle Value Stream Mapping (LC-VSM)**

Untuk meraih *sustainable manufacturing* diperlukan pemeriksaan dari seluruh operasi yang ada dimulai dari tahap pra manufaktur, manufaktur, penggunaan produk (*use*), dan setelah penggunaan produk (*post use*) (Jayal et al. 2010) dengan mempertimbangkan *triple bottom line* (ekonomi, lingkungan, sosial) (Elkington 2010). Hartini, et al (2016) telah mengembangkan suatu alat analisis berbasis *lean* dan *triple bottom line* yang disebut dengan *life cycle value stream mapping* (LC-VSM). LC-VSM bertujuan untuk mengukur kinerja *sustainability* pada lingkup yang lebih luas yaitu pada seluruh tahap siklus hidup produk (*life cycle*). Tahap siklus hidup produk tersebut adalah:

1. Tahap pra manufaktur: aktivitas persiapan bahan baku
2. Tahap manufaktur: aktivitas produksi produk yaitu merubah *raw material* menjadi produk yang bernilai tambah
3. Tahap distribusi: Aktivitas pengiriman produk jadi kepada konsumen
4. Tahap konsumsi (*use*): aktivitas penggunaan produk oleh konsumen

5. Tahap pasca konsumsi (*end of life*) : Aktivitas yang dibutuhkan ketika konsumen sudah tidak dapat menggunakan produk tersebut.

Pada setiap tahap siklus hidup akan dianalisis dari aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Pada aspek ekonomi indikator yang digunakan antara lain adalah waktu terkait *lead time*, tingkat *inventory*, kualitas, dan biaya yang dikeluarkan sepanjang siklus hidup produk. Pada aspek lingkungan indikator yang digunakan adalah yang terkait dengan *input output* produk yang memberikan dampak pada lingkungan (material, energi, air, tanah, emisi, dan pengelolaan limbah). Sedangkan pada aspek sosial indikator yang digunakan antara lain kepuasan, keselamatan, kesehatan, dan pengembangan diri pada setiap tahapan siklus hidup. Untuk lebih jelasnya rekapan indikator yang dipertimbangkan pada setiap aspek dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Indikator pada setiap Aspek

| <b>Ekonomi</b>             | <b>Lingkungan</b>  | <b>Sosial</b>     |
|----------------------------|--------------------|-------------------|
| Waktu ( <i>Lead time</i> ) | Material           | Kepuasan          |
| Tingkat inventori          | Energi             | Keselamatan       |
| Kualitas                   | Air                | Kesehatan         |
| Biaya                      | Emisi              | Pengembangan diri |
|                            | Pengelolaan limbah |                   |
|                            | Tanah              |                   |

### 2.3.2.1 Indikator Ekonomi

#### A. Pengukuran waktu (*Lead Time*)

Seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, *lean* merupakan sebuah filosofi untuk meminimalisasi sumber daya termasuk waktu yang digunakan pada berbagai aktivitas bisnis, termasuk minimaslisasi aktivitas tidak bernilai tambah (Cox & Blasckstone, 1998). Oleh karena itu perlunya pengukuran waktu pada setiap proses sehingga dapat diidentifikasi waktu yang bernilai tambah (*value added activity*) dan tidak bernilai tambah (*Non value added activity*). *Lead time* menjadi acuan utama pada metode *value stream mapping*. *Lead time* diartikan oleh waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan produk

dari waktu konsumen memesan hingga produk akan dikirimkan kepada konsumen (Bharath & Prakash, 2014). Untuk menghitung *lead time* maka perlu dilakukan pengukuran *cycle time* pada setiap aktivitas pada proses bisnis.

Salah satu metode untuk mengukur *cycle time* pada umumnya adalah dengan menggunakan *stopwatch time study* (STS). *Stopwatch time study* (STS) merupakan salah satu teknik pengukuran waktu kerja yang diperkenalkan oleh Fredrick W. Taylor. Pada umumnya metode ini tepat digunakan untuk pekerjaan yang berulang (repetitive) dan memiliki *cycle time* yang singkat.

### **B. Tingkat Persediaan (*Inventory*)**

*Inventory* merupakan salah satu *waste* yg perlu untuk dihilangkan. Manajemen *inventory* yang baik dapat mengurangi kerusakan produk dan biaya yang berhubungan dengan penyimpanan (Jordan, 2007). Dalam *sustainability* tingkat *inventory* perlu dipertimbangkan dengan baik. Hal ini disebabkan oleh *inventory* yang buruk dapat menyebabkan kerusakan material dan berakibat pada limbah yang tinggi. Oleh karena itu persediaan perlu diperhatikan untuk mengurangi *waste* yang terjadi akibat penyimpanan. *Inventory* dapat menghasilkan produk buruk dan kerugian dari material, biaya, dan lingkungan.

### **C. Kualitas**

Kualitas merupakan salah satu hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Juran (1993) mengartikan kualitas kesesuaian penggunaan produk (*fitness for use*) terhadap kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Sedangkan Crosby (1979) mendefinisikan kualitas adalah *conformance to requirement*, yaitu sesuai dengan yang disyaratkan atau distandarkan. Dari pengertian diatas dapat diketahui bahwa kualitas merupakan suatu kunci persaingan untuk memenangkan pasar (konsumen).

Untuk menghasilkan kualitas yang baik maka diperlukan pengontrolan kualitas produk mulai dari awal proses. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan produk yang berkualitas buruk ditemukan diakhir proses (produk jadi) atau bahkan lolos dalam konsumen. Ketidaktelitian produk buruk sehingga ditemukan diakhir proses atau diterima oleh konsumen dapat menyebabkan

banyak kerugian dari segi ekonomi dan sosial. Kerugian dari segi ekonomi adalah waktu yang terbuang, material yang terbuang, tenaga yang terbuang dan biaya perbaikan yang perlu dilakukan. Oleh karena itu perlu pengendalian kualitas dari awal proses yaitu dimulai dari produk tersebut datang hingga produk tersebut diterima oleh konsumen. Kualitas yang buruk atau pada umumnya (*defect*) merupakan salah satu *waste* yang perlu untuk dihilangkan. Kualitas banyak digunakan pada pengembangan metode *value stream mapping*. Contohnya adalah Haefner (2014) dalam penelitiannya QVSM.

#### **D. Biaya**

Biaya merupakan aspek yang paling penting dalam aspek ekonomi. Biaya dapat dibagi menjadi dua jenis berdasarkan hubungan dalam produksi yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung merupakan biaya yang dialokasikan pada produk sehingga mudah ditelusuri pada produk. Sedangkan biaya tidak langsung merupakan biaya yang sulit ditelusuri pada produk. Berdasarkan hubungan dengan volume kegiatan terdapat dua jenis yaitu *variabel cost* dan *fix cost*. *Variable cost* adalah biaya yang timbul bergantung pada jumlah produk yang diproduksi. Sedangkan *fix cost* merupakan biaya tetap yang ada dan tidak bergantung pada jumlah produksi. Keseluruhan biaya ini akan menentukan harga produk pada pasar. Sehingga manajemen yang buruk akan menyebabkan biaya meningkat.

Salah satunya aktivitas yang dapat menimbulkan biaya dan perlu untuk dihilangkan adalah adanya aktivitas tidak bernilai tambah dan aktivitas yang menyebabkan pembuangan berbagai sumber daya baik material, air, energi, pekerja, dan sebagainya dalam *sustainability*. Oleh karena itu dalam *sustainability waste* yang diakibatkan oleh aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan perlu dipertimbangkan untuk menghasilkan sistem yang *lean* dan *sustainability* tanpa mengesampingkan keuntungan. Beberapa penelitian yang mempertimbangkan aspek biaya pada perkembangan VSM adalah Paju et al (2010) dan Vinodh (2015).

### 2.3.2.2 Indikator Lingkungan

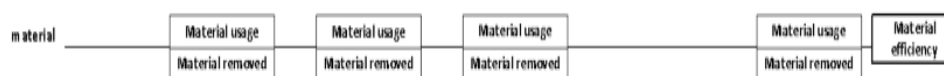
#### A. Konsumsi Material

Sering kali *waste* material terbesar adalah jumlah yang hilang akibat proses *removal* seperti material *scrap* (Faulkner & Badurdeen, 2014). Material yang diproses merupakan sumber biaya yang besar untuk produk jadi sehingga konsumsi material dapat menjadi *waste* pada lingkungan dan ekonomi (Torres & Gati 2009). Hal ini mengartikan bahwa pengukuran keefektivan material yang digunakan selama proses produksi penting untuk dilakukan. Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan konsumsi material sebagai salah satu indikator yang perlu diperhatikan dalam *sustainability* khususnya dengan metode *value stream mapping* adalah Vinodh (2015), Faulkner & Badurdeen (2014), dan Brown et al (2014).

Konsumsi material dapat dihitung dengan menghitung berat komponen sebelum dan sesudah suatu proses (Vinodh, 2016). Terdapat dua jenis material menurut Torres & Gati (2009) yaitu:

- Raw material yang akan digunakan pada setiap tahap pada VSM
- Material pada final produk dan menambah nilai kepada konsumen

Pada penelitian ini konsumsi material dianalisis *value added* dan *non value added* seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Visualisasi penggunaan bahan baku (Hartini, 2016)

Keterangan:

Material *Usage* = Jumlah material yang digunakan pada tahap tersebut

Material *Removed* = Jumlah material yang dibuang (atau menjadi scrap) pada tahap tersebut

## B. Konsumsi Energi

Konsumsi energi berhubungan langsung dengan lingkungan hal ini disebabkan oleh penggunaan sumberdaya yang tidak dapat diperbarui serta emisi GHG yang dikeluarkan (Faulkner & Badurdeen, 2014). Oleh karena itu metrik konsumsi energi perlu dilakukan pengukuran untuk mengidentifikasi berapa jumlah energi yang dikonsumsi pada setiap proses atau diantara proses seperti transportasi dalam pabrik, dan energi yang dibutuhkan dalam proses penyimpanan (*storage*). Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan konsumsi energi sebagai salah satu indikator yang perlu diperhatikan dalam *sustainability* khususnya dengan metode *value stream mapping* adalah Folinas et al (2014), Vinodh (2015), Faulkner & Badurdeen (2014), dan Brown et al (2014). Kuriger and Chen (2010) membagi jenis energi menjadi 2 yaitu:

1. Penggunaan energi untuk sumber tenaga pada proses (seperti listrik dan gas alam)
2. Penggunaan energi bukan untuk aktivitas proses (seperti pemanasan dan penerangan)

Pengukuran konsumsi energi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \sum_{i=1}^n P_i \times t_i \quad (2.1)$$

Dimana:

$Q$  = Jumlah energi yang dikonsumsi

$P_i$  = Energi yang dibutuhkan untuk alat  $i$

$t_i$  = waktu operasi dari alat  $i$

$N$  = jumlah peralatan pada sistem manufaktur.



Gambar 2.6 Visualisasi penggunaan energi (Hartini, 2016)

## C. Konsumsi Air

Pengukuran konsumsi air bertujuan untuk menghitung jumlah air yang digunakan selama proses *manufacturing* serta untuk menggambarkan aspek penting yang harus dievaluasi untuk ditingkatkan dari sudut pandang

*sustainability manufacturing* (Faulkner & Badurdeen, 2014). Air yang terbuang atau menjadi limbah menyebabkan kerugian pada lingkungan dan sosial (Torres & Gati 2009) sehingga konsumsi air menjadi salah satu indikator yang penting untuk dianalisa pada aspek *sustainability*. Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan konsumsi air sebagai salah satu indikator yang perlu diperhatikan dalam *sustainability* khususnya dengan metode *value stream mapping* adalah Torres & Gati (2009), Vinodh (2015), Faulkner & Badurdeen (2014), dan Brown et al (2014). Torres & Gati (2009) membagi air dalam dua perspektif yaitu:

1. *Used water* : Jumlah air yang digunakan dalam proses
2. *Loss Water* : Jumlah air yang menjadi limbah

Sedangkan Vinodh (2016) menyebutkan bahwa dalam pengukuran dibedakan menjadi tiga hal yaitu air yang dibutuhkan ketika proses berlangsung, air yang digunakan, serta air yang loss atau hilang terbuang akibat tidak dilakukan pengolahan pada WWTP. Konsumsi air pada produk dapat dihitung dengan mengukur air yang dipasok pada suatu mesin dan air yang dihasilkan dari suatu proses. Sedangkan perhitungan proses perhitungan konsumsi air per unit produk adalah sebagai berikut (Faulkner & Badurdeen, 2014):

$$\text{Konsumsi air per unit} = \frac{\text{jumlah air yang digunakan dalam proses selama periode waktu}}{\text{jumlah unit barang yang dihasilkan selama periode waktu}} \quad (2.2)$$

Pada penelitian ini visualisasi konsumsi air yang digambarkan pada LC-VSM mengacu pada Hartini, et al (2016) yang menggunakan tiga pengukuran seperti yang dijelaskan oleh Vinodh (2016). Namun pada pengukurannya setiap jenis air dianalisis menggunakan klasifikasi yang dijelaskan oleh Torres & Gati (2009).



Gambar 2.7 Visualisasi penggunaan air (Hartini, 2016)

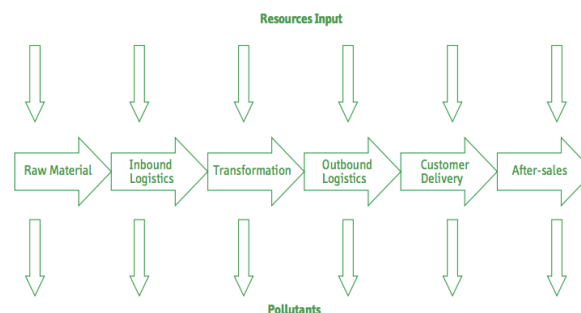
#### D. Emisi

Emisi merupakan jumlah polutan (pencemar) hasil dari pembuangan pembakaran yang dikeluarkan suatu alat atau mesin dalam satuan waktu



(Harsemma dalam mulia, 2005). Emisi dapat menyebabkan polusi udara dan menyebabkan pemanasan global (*global warming*). Gas emisi yang berbahaya bagi bumi pada umumnya disebut dengan gas rumah kaca (GRK). GRK tersebut adalah CO<sub>2</sub> (Karbon dioksida), CH<sub>4</sub> (metana), N<sub>2</sub>O (Dinitro Oksida), dan SF<sub>6</sub> (sulfurheksaflorida). Pada umumnya gas yang banyak dipertimbangkan pada beberapa penelitian adalah gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yaitu pengukuran *carbon footprint* produk pada sepanjang siklus hidup (Li et al, 2012). Emisi CO<sub>2</sub> pada umumnya berhubungan dengan transportasi, industri, dan penggunaan energi domestik. Pada konsep *sustainability*, tujuan lingkungan adalah mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang berhubungan dengan berat produk dalam pasar (Simons & Mason, 2003).

Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan indikator emisi sebagai salah satu indikator yang perlu diperhatikan dalam *sustainability* adalah Simons & Mason (2003), Paju et al (2010), dan Dadashzadeh & Wharton (2012). Gambar 2.8 merupakan interface emisi pada beberapa tahapan siklus hidup produk. Pada umumnya emisi (*pollutan*) dihasilkan dari proses yang membutuhkan alat/mesin sehingga membutuhkan input sumber daya untuk menghasilkan suatu energi didalam mesin/alat tersebut. Pada gambar 2.8 dapat dilihat bahwa emisi dihasilkan dari proses persiapan bahan baku (*raw material*), proses transportasi internal dan eksternal, proses perubahan (*transformation*) material menjadi produk jadi (manufaktur), pengiriman pada konsumen, hingga produk telah dikonsumsi oleh konsumen.



Gambar 2.8 *Interface Pollutan (Emisi) Pada Setiap Tahapan* (Simons & Mason 2003)

Untuk menghitung emisi Gas Rumah Kaca dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3 (Wirahadikusuma & Sahana, 2012)

$$Emisi\ GRK = \frac{Konsumsi\ Energi\ (MJ) \times Faktor\ Emisi\ (kg\frac{CO_2}{MJ})}{Total\ Produksi} \quad (2.3)$$

Pada penelitian ini emisi yang dipertimbangkan adalah emisi CO<sub>2</sub>.

## E. Pengelolaan Limbah

Limbah merupakan salah satu polusi yang dihasilkan dari industri manufaktur yang menyebabkan masalah pada lingkungan (Hartini, 2016). Pada umumnya limbah berbentuk padat dan cair (Hartini, 2016). Limbah yang dihasilkan oleh industri manufaktur perlu untuk dikurangi untuk meminimalkan dampak terhadap lingkungan dan sosial. Beberapa langkah untuk mengurangi limbah adalah mengurangi jumlah timbunan sampah atau limbah yang dihasilkan (Hartini, 2016) dan yang kedua adalah pengelolaan terhadap limbah sehingga limbah dapat dibuang dengan kondisi yang layak atau tidak berbahaya bagi lingkungan. Perusahaan yang memiliki pengelolaan limbah pada perusahaan maka perusahaan tersebut telah berusaha untuk menjaga lingkungan dan sosial dari kerusakan dimasa yang akan datang.

### 2.3.1.3 Indikator Sosial

#### A. Kepuasan Kerja

Hartini, et al (2016) menggunakan kepuasan kerja sebagai indikator sosial. Kepuasan kerja diartikan oleh Schermerhorn et al (1991) adalah:

*“Job satisfaction is the degree to which individuals feel positively or negatively about their job. It is an emotional response to one's tasks, as well as the physical and social conditions of workplace. In concept, job satisfaction also indicates the degree to which the expectation in someone's psychological contract are fulfilled”*

Dari pengertian diatas diketahui bahwa kepuasan kerja merupakan hal yang perlu dipertimbangkan dalam mencapai *sustainability*. Suatu pemimpin harus mengetahui kepuasan kerja para pekerjanya dengan akurat untuk memperbaiki, mencegah, dan memecahkan masalah yang dihadapi oleh pekerja (Schermerhorn et al, 1991). Organisasi yang memiliki tingkat kepuasan kerja yang

tinggi mengartikan bahwa organisasi tersebut mampu mengelola manajemen dengan baik (Davis & Newstrom, 1997).

Pada umumnya untuk mengetahui kepuasan kerja maka dilakukan pengukuran dengan melakukan penyebaran kuesioner. Namun pada penelitian ini Hartini, et al (2016) menyebutkan bahwa kepuasan kerja dapat diukur dengan mengukur jumlah pegawai yang masuk dan *resign* pada suatu periode tertentu.

$$\text{Kepuasan kerja} = \text{jumlah pegawai masuk} - \text{jumlah pegawai keluar} \quad (2.4)$$

### **B. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)**

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) merupakan hal yang perlu untuk diperhatikan dengan baik. Kondisi kerja yang terorganisir dengan baik dapat meningkatkan produktivitas pekerja. Hal ini disebabkan oleh kenyamanannya yang dirasakan oleh para pekerja. ILO (2013) menyebutkan bahwa apabila tempat kerja aman dan sehat maka para pekerja dapat mengerjakan tugasnya secara efektif dan efisien, sebaliknya apabila tempat kerja buruk maka dapat menyebabkan kecelakaan, ketidakhadiran pekerja karena sakit, kerugian pendapatan para pekerja, dan penurunan produktivitas bagi perusahaan. Setiap tahun terdapat lebih dari 250 juta kecelakaan terjadi di tempat kerja dan lebih dari 160 juta pekerja menderita sakit akibat lingkungan kerja yang buruk (ILO, 2013). Hal ini dapat menyebabkan banyak kerugian pada perusahaan antara lain (ILO, 2013):

- a. Biaya pengobatan
- b. Kehilangan hari kerja
- c. Penurunan jumlah produksi
- d. Kerugian bagi pekerja (kompensasi hilang)
- e. Pelatihan pekerja ulang
- f. Kerusakan dan perbaikan peralatan
- g. Moral staf yang buruk
- h. Tercemarnya nama baik perusahaan
- i. Kehilangan kontrak karena kelalaian.

Dari hal tersebut maka kesehatan dan keselamatan pekerja perlu untuk diperhatikan dalam menghasilkan sistem yang *sustainability*. Hartini, et al (2016) menyebutkan bahwa kesehatan kerja dapat diukur dengan menghitung jumlah absensi pekerja yang tidak masuk disebabkan oleh sakit pada suatu periode waktu. Sedangkan keselamatan kerja diukur dengan menghitung jumlah pekerja yang mengalami kecelakaan dalam suatu periode waktu.

$$\text{Kesehatan kerja} = \text{jumlah pegawai} - \text{jumlah pegawai sakit} \quad (2.5)$$

$$\text{Keselamatan kerja} = \text{jumlah pegawai} - \text{jumlah pegawai kecelakaan} \quad (2.6)$$

### C. Pengembangan Diri

Pelatihan dan pengembangan diri meupakan suatu hal yang penting bagi para pekerja untuk meningkatkan kemampuan para pekerja sehingga dapat lebih menguasai tugasnya dengan baik. Perusahaan atau organisasi yang melakukan pelatihan dan pengembangan diri bagi perusahaan merupakan perusahaan yang peduli pada kehidupan sosial para pekerja untuk meningkatkan kemampuan mereka. Salah satu penelitian yang menggunakan indikator pengembangan diri untuk meningkatkan *sustainability* adalah Sparks (2014). Hartini, et al (2016) menyebutkan bahwa pengembangan diri dapat diukur dengan menghitung jumlah pegawai yang menerima pelatihan dan pengembangan diri pada periode waktu tertentu.

$$\text{Pengembangan diri} = \text{jumlah pegawai} - \text{jumlah pegawai pelatihan} \quad (2.7)$$

#### 2.3.1.4 Pengukuran Efisiensi

Pada setiap indikator pada LC-VSM akan dianalisis menggunakan konsep efisiensi, yaitu perbandingan antara penggunaan sumber daya yang bernilai tambah terhadap total penggunaan sumber daya tersebut (Hartini, 2016).

$$\text{Efisiensi } i = \frac{\text{value added } i}{\text{total penggunaan } i} \quad (2.8)$$

Dimana *i* adalah jenis sumber daya yang digunakan pada metrik yang dihitung. Sumber daya tersebut dapat berupa waktu, energi, material, air, dan sebagainya. Tabel 2.4 hingga Tabel 2.8 merupakan pengukuran efisiensi pada setiap tahap.

#### **2.3.1.5 Visualisasi *Life Cycle Value Stream Mapping***

Pemetaan LC-VSM dapat dilihat pada Gambar 2.9 dan 2.10

Tabel 2.4 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Pra manufaktur

| Dimensi    | Indikator                | Keterangan   | Satuan      | Efisiensi   | Periode |
|------------|--------------------------|--|-------------|---|---------|
| Ekonomi    | Leadtime                 | Waktu yang dibutuhkan oleh supplier dalam memenuhi pemesanan material                                | Hari/unit   | $1 - \frac{LT \text{ rencana} - LT \text{ Aktual}}{LT \text{ Rencana}}$                               | Bulan   |
|            | Biaya                    | Biaya pesan dan simpan di gudang material sebelum digunakan  | Rupiah/unit | $\frac{Value \text{ added cost}}{Total \text{ Cost}}$   | Bulan   |
|            | Tingkat <i>Inventory</i> | Jumlah material yang bisa digunakan pada saat order picking dibandingkan jumlah material yang dibeli | Unit        | $\frac{jumlah \text{ pembelian} - kerusakan \text{ selama simpan}}{Total \text{ Pembelian}}$          | Bulan   |
|            | Kualitas                 | Jumlah material yang sesuai spesifikasi terhadap material yang dibeli dari supplier                  | Unit        | $1 - \frac{material \text{ rusak saat diterima}}{Total \text{ Pembelian}}$                            | Bulan   |
| Lingkungan | Material                 | Jumlah konsumsi material selama proses penyimpanan dan penyiapan material                            | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ konsumsi material value added}}{Total \text{ material}}$                         | Bulan   |
|            | Energi                   | Jumlah konsumsi energi selama proses penyimpanan dan penyiapan material                              | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ konsumsi energi value added}}{Total \text{ energi}}$                             | Bulan   |
|            | Air                      | Jumlah konsumsi air selama proses penyimpanan dan penyiapan material                                 | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ konsumsi air value added}}{Total \text{ air}}$                                   | Bulan   |
|            | Tanah                    | Jumlah konsumsi tanah selama proses penyimpanan dan penyiapan material                               | Rupiah/unit | $1 - \frac{total \text{ tanah} - used \text{ value added} - green \text{ land}}{Total \text{ tanah}}$ | Bulan   |
|            | Emisi                    | Jumlah emisi yang dihasilkan   |             | $\frac{jumlah \text{ emisi value added}}{Total \text{ emisi}}$  | Bulan   |
|            | Pengelolaan Limbah       | Tingkat pengolahan limbah yang dihasilkan selama proses penyimpanan dan penyiapan material           | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ limbah diolah}}{Total \text{ limbah}}$   | Bulan   |
| Sosial     | Kepuasan                 | Jumlah pegawai gudang yang loyal   | Orang       | $\frac{jumlah \text{ pegawai gudang} - pegawai \text{ resign}}{Total \text{ pegawai gudang}}$         | Tahun   |
|            | Keselamatan              | Jumlah pegawai gudang yang mengalami kecelakaan kerja  | Orang       | $\frac{jumlah \text{ pegawai gudang} - pegawai \text{ kecelakaan}}{Total \text{ pegawai gudang}}$     | Tahun   |
|            | Kesehatan                | Jumlah pegawai yang ijin sakit   | Orang       | $\frac{jumlah \text{ pegawai gudang} - pegawai \text{ izin sakit}}{Total \text{ pegawai gudang}}$     | Tahun   |
|            | Pengembangan Diri        | Jumlah training pegawai gudang   | aktivitas   | $\frac{jumlah \text{ pegawai gudang yang mendapat training}}{Total \text{ pegawai gudang}}$           | Tahun   |

Sumber: Hartini, et al (2017)

Tabel 2.5 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Manufaktur

| Dimensi    | Indikator          | Keterangan  | Satuan      | Efisiensi   | Periode  |
|------------|--------------------|---|-------------|---|----------|
| Ekonomi    | Leadtime           | Waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi                     | Hari/unit   | $\frac{LT \text{ value added}}{Total LT}$   | Lot size |
|            | Biaya              | Biaya produksi  | Rupiah/unit | $\frac{Value \text{ added cost}}{Total Cost}$   | Lot size |
|            | Tingkat Inventory  | Rasio work in process                                       | Unit        | $\frac{Material \text{ masuk} - WIP}{Total material}$   | Lot size |
|            | Kualitas           | Rasio jumlah produk yang sesuai spesifikasi                 | Unit        | $\frac{jumlah \text{ produk jadi} - produk \text{ cacat}}{Total produk}$                      | Lot size |
| Lingkungan | Material           | Jumlah konsumsi material selama proses produksi             | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ konsumsi material} - limbah}{Total material}$                            | Lot size |
|            | Energi             | Jumlah konsumsi energi selama proses produksi               | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ konsumsi energi value added}}{Total energi}$                             | Lot size |
|            | Air                | Jumlah konsumsi air selama proses produksi                  | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ konsumsi air value added}}{Total air}$                                   | Lot size |
|            | Tanah              | Jumlah konsumsi tanah selama proses produksi                | Rupiah/unit | $1 - \frac{total \text{ tanah} - used \text{ value added} - green \text{ land}}{Total tanah}$ | Lot size |
|            | Emisi              | Jumlah emisi yang dihasilkan selama proses produksi         |             | $\frac{jumlah \text{ emisi value added}}{Total emisi}$  | Lot size |
|            | Pengelolaan Limbah | Tingkat pengolahan limbah yang dihasilkan selama produksi   | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ limbah diolah}}{Total limbah}$   | Bulan    |
| Sosial     | Kepuasan           | Jumlah pegawai produksi yang loyal                          | Orang       | $\frac{jumlah \text{ pegawai produksi} - pegawai \text{ resign}}{Total pegawai produksi}$     | Tahun    |
|            | Keselamatan        | Tingkat kecelakaan kerja dan resiko dalam proses manufaktur | Orang       | $\frac{jumlah \text{ pegawai produksi} - pegawai \text{ kecelakaan}}{Total pegawai produksi}$ | Tahun    |
|            | Kesehatan          | Tingkat kesehatan pegawai produksi                          | Orang       | $\frac{jumlah \text{ pegawai produksi} - pegawai \text{ izin sakit}}{Total pegawai produksi}$ | Tahun    |
|            | Pengembangan Diri  | Jumlah training pegawai gudang                              | aktivitas   | $\frac{jumlah \text{ pegawai produksi yang mendapat training}}{Total pegawai produksi}$       | Tahun    |

Sumber: Hartini, et al (2017)

Tabel 2.6 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Distribusi

| Dimensi    | Indikator          | Keterangan   | Satuan      | Efisiensi   | Periode  |
|------------|--------------------|--|-------------|---|----------|
| Ekonomi    | Leadtime           | Waktu yang dibutuhkan untuk distribusi                             | Hari/unit   | $1 - \frac{LT \text{ rencana} - LT \text{ Aktual}}{LT \text{ Rencana}}$                                   | Tahun    |
|            | Biaya              | Biaya distribusi   | Rupiah/unit | $\frac{Value \text{ added cost}}{Total \text{ Cost}}$   | Tahun    |
|            | Tingkat Inventory  | Jumlah produk jadi yang terdistribusi                              | Unit        | $\frac{Jumlah \text{ produksi} - jumlah \text{ tersimpan}}{total \text{ produksi}}$                       | Tahun    |
|            | Kualitas           | Jumlah produk terdistribusi yang sesuai spesifikasi                | Unit        | $\frac{Jumlah \text{ produk terdistribusi} - jumlah \text{ produk cacat}}{total \text{ pengiriman}}$      | Tahun    |
| Lingkungan | Material           | Jumlah konsumsi material selama proses distribusi                  | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ konsumsi material} - limbah}{Total \text{ material}}$                                | Lot size |
|            | Energi             | Jumlah konsumsi energi selama proses distribusi                    | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ konsumsi energi value added}}{Total \text{ energi}}$                                 | Lot size |
|            | Air                | Jumlah konsumsi air selama proses distribusi                       | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ konsumsi air value added}}{Total \text{ air}}$                                       | Lot size |
|            | Tanah              | Jumlah konsumsi tanah selama proses distribusi                     | Rupiah/unit | $1 - \frac{total \text{ tanah} - used \text{ value added} - green \text{ land}}{Total \text{ tanah}}$     | Lot size |
|            | Emisi              | Jumlah emisi yang dihasilkan selama proses distribusi              |             | $\frac{jumlah \text{ emisi value added}}{Total \text{ emisi}}$  | Lot size |
|            | Pengelolaan Limbah | Tingkat pengolahan limbah yang dihasilkan selama proses distribusi | Rupiah/unit | $\frac{jumlah \text{ limbah diolah}}{Total \text{ limbah}}$   | Lot size |
| Sosial     | Kepuasan           | Jumlah pegawai distribusi yang loyal                               | Orang       | $\frac{jumlah \text{ pegawai distribusi} - pegawai \text{ resign}}{Total \text{ pegawai distribusi}}$     | Tahun    |
|            | Keselamatan        | Jumlah pegawai distribusi mengalami kecelakaan kerja               | Orang       | $\frac{jumlah \text{ pegawai distribusi} - pegawai \text{ kecelakaan}}{Total \text{ pegawai produksi}}$   | Tahun    |
|            | Kesehatan          | Jumlah pegawai distribusi yang izin sakit                          | Orang       | $\frac{jumlah \text{ pegawai distribusi} - pegawai \text{ izin sakit}}{Total \text{ pegawai distribusi}}$ | Tahun    |
|            | Pengembangan Diri  | Jumlah training pegawai distribusi                                 | aktivitas   | $\frac{jumlah \text{ pegawai distribusi yang mendapat training}}{Total \text{ pegawai distribusi}}$       | Tahun    |

Sumber: Hartini, et al (2017)



Tabel 2.7 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Konsumsi

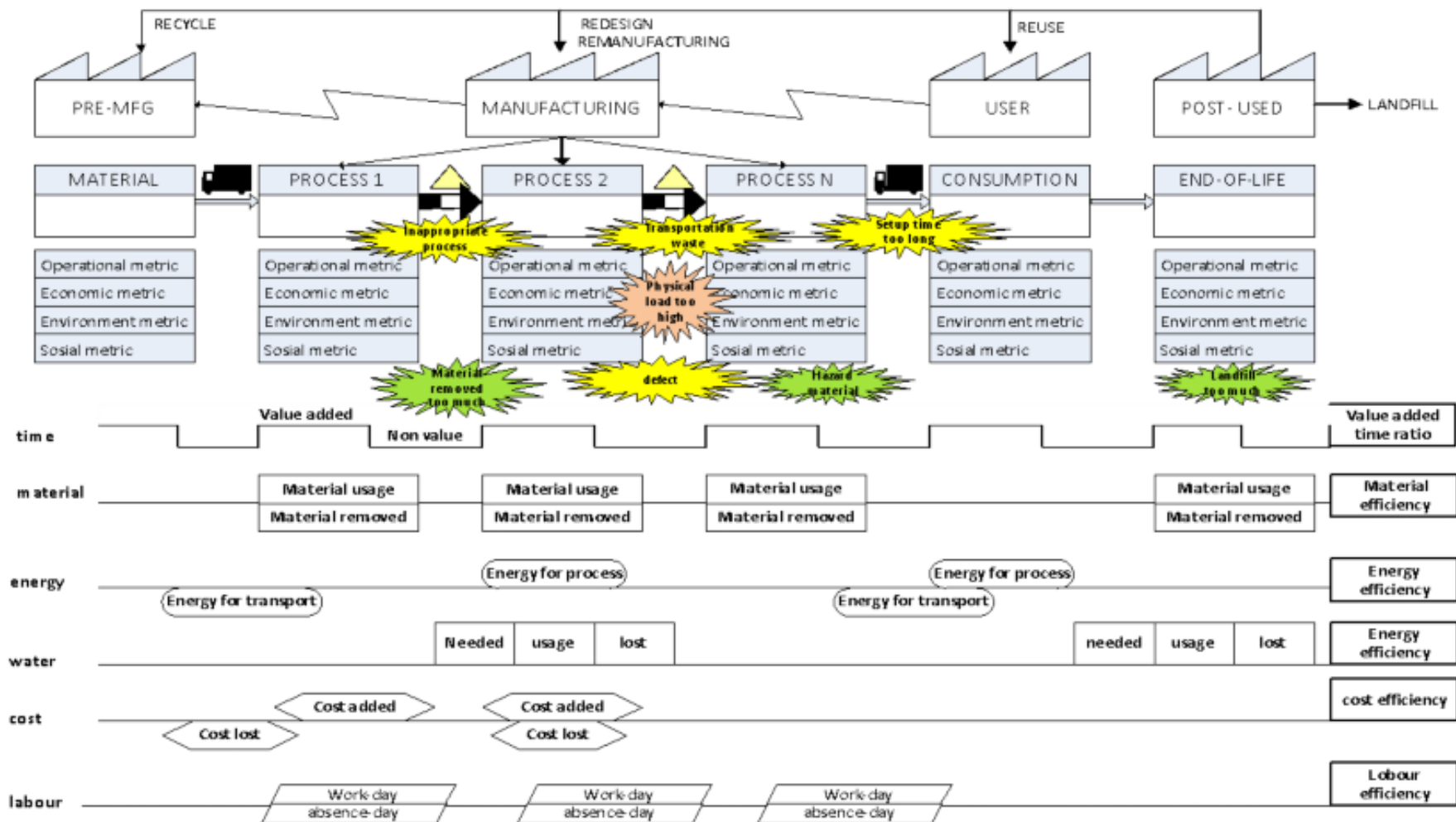
| Dimensi    | Indikator          | Keterangan   | Satuan      | Efisiensi  | Periode  |
|------------|--------------------|--|-------------|--|----------|
| Ekonomi    | Leadtime           | Umur hidup produk  | Tahun/unit  | $\frac{\text{umur hidup aktual}}{\text{Umur hidup rencana}}$                       | Tahun    |
|            | Biaya              | Biaya perawatan selama masa garansi                              | Rupiah/unit | $1 - \frac{\text{biaya perawatan}}{\text{biaya produksi}}$                         | Tahun    |
|            | Kualitas           | Tingkat kerusakan produk   |             | Tingkat complaint  |          |
|            | Persediaan         | -  |             | -  |          |
| Lingkungan | Material           | Jumlah konsumsi material selama konsumsi                         | Rupiah/unit | $\frac{\text{Kebutuhan material aktual}}{\text{Kebutuhan material standar}}$       | Lot size |
|            | Energi             | Jumlah konsumsi energi selama konsumsi                           | Rupiah/unit | $\frac{\text{Kebutuhan energi aktual}}{\text{Kebutuhan energi standar}}$           | Lot size |
|            | Air                | Jumlah konsumsi air selama konsumsi                              | Rupiah/unit | $\frac{\text{Kebutuhan air aktual}}{\text{Kebutuhan air standar}}$                 | Lot size |
|            | Tanah              | Jumlah konsumsi lahan selama konsumsi                            | Rupiah/unit | $\frac{\text{Kebutuhan lahan aktual}}{\text{Kebutuhan lahan standar}}$             | Lot size |
|            | Emisi              | Jumlah emisi yang dihasilkan selama konsumsi                     |             | $\frac{\text{Emisi yang dihasilkan}}{\text{Emisi standar}}$                        | Lot size |
|            | Pengelolaan Limbah | Tingkat pengolahan limbah yang dihasilkan selama proses konsumsi | Rupiah/unit | $\frac{\text{jumlah limbah diolah}}{\text{Total limbah}}$                          | Lot size |
| Sosial     | Kepuasan           | Tingkat penyaluran CSR   |             | $\frac{\text{jumlah dana CSR yang tersalurkan}}{\text{Dana CSR yang ditargetkan}}$ | Tahun    |
|            | Keselamatan        | -  | -           | -  | -        |
|            | Kesehatan          | Potensi material berbahaya                                       |             | $1 - \frac{\text{eco cost}}{\text{Total eco cost}}$                                |          |
|            | Pengembangan Diri  | Knowledge-sharing pada konsumen                                  | aktivitas   | $\frac{\text{jumlah knowledge – sharing konsumen}}{\text{jumlah konsumen}}$        | Tahun    |

Sumber: Hartini, et al (2017)

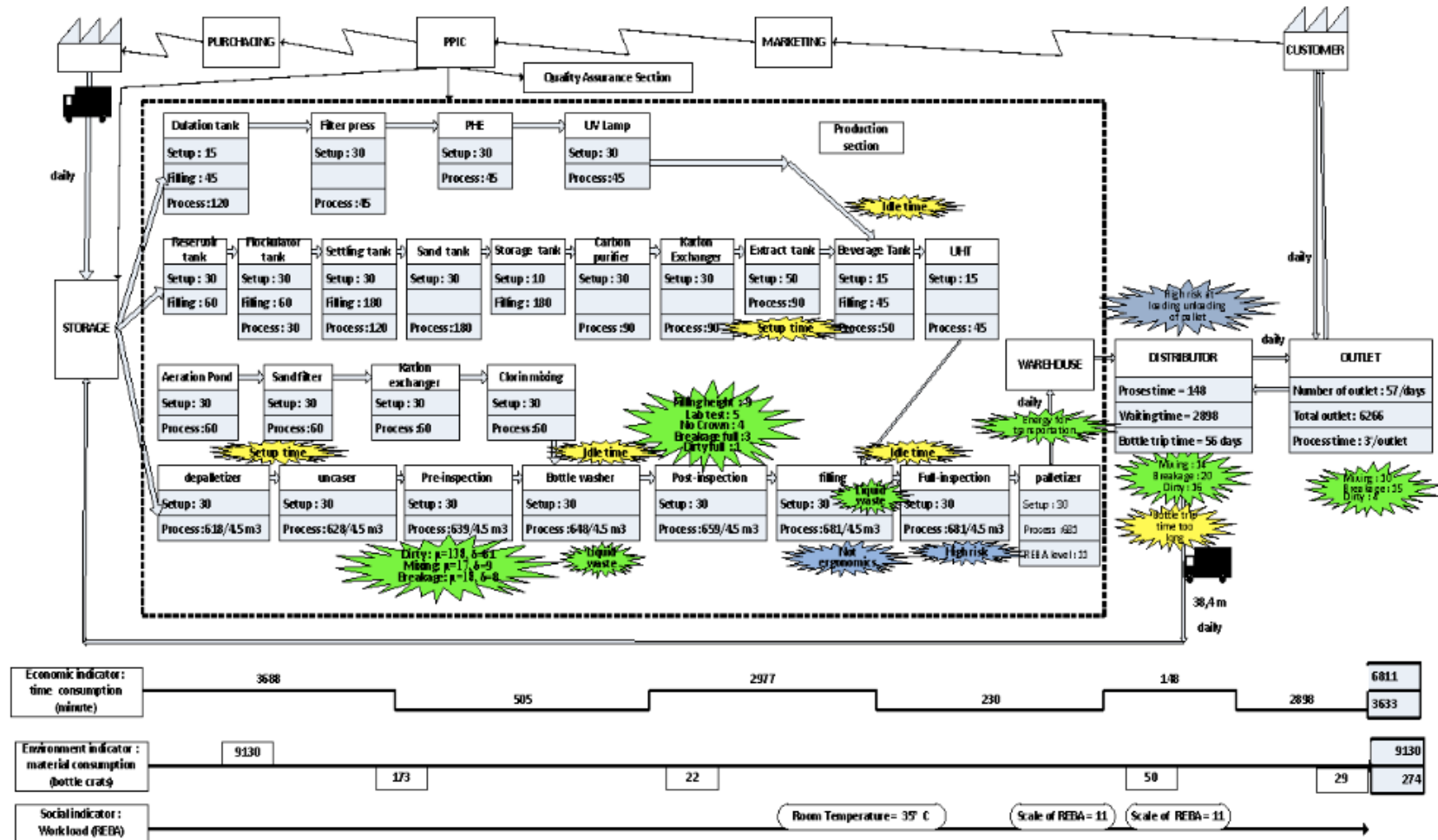
Tabel 2.8 Pengukuran Efisiensi pada Tahap *End of Life*

| Dimensi    | Indikator         | Keterangan   | Satuan      | Efisiensi  | Periode  |
|------------|-------------------|--|-------------|--|----------|
| Ekonomi    | Leadtime          | Waktu <i>renewable</i>   | hari/unit   | $\frac{\text{waktu value added}}{\text{waktu proses renewable}}$   | Lotsize  |
|            | Biaya             | Biaya <i>renewable</i>   | Rupiah/unit | $\frac{\text{biaya proses renewable value added}}{\text{Total biaya}}$   | Tahun    |
|            | Tingkat Inventory | Jumlah produk yang di <i>renewable</i>                                 | Unit        | $\frac{\text{jumlah produk renewable}}{\text{Total produk pasca pakai}}$   | Tahun    |
|            | Kualitas          | Jumlah produk yang di <i>renewable</i> yang berkualitas                |             | $\frac{\text{jumlah produk renewable berkualitas}}{\text{Total produk renewable}}$                                 | Tahun    |
| Lingkungan | Material          | Jumlah konsumsi material selama proses <i>renewable</i>                | Rupiah/unit | $\frac{\text{kebutuhan material value added proses renewable}}{\text{Total material}}$                             | Lot size |
|            | Energi            | Jumlah konsumsi energi selama proses <i>renewable</i>                  | Rupiah/unit | $\frac{\text{kebutuhan energi value added proses renewable}}{\text{Total energi}}$                                 | Lot size |
|            | Air               | Jumlah konsumsi air selama proses <i>renewable</i>                     | Rupiah/unit | $\frac{\text{kebutuhan air value added proses renewable}}{\text{Total air}}$                                       | Lot size |
|            | Tanah             | Jumlah konsumsi lahan selama proses <i>renewable</i>                   | Rupiah/unit | $\frac{\text{kebutuhan lahan value added proses renewable}}{\text{Total lahan}}$                                   | Lot size |
|            | Emisi             | Jumlah emisi yang dihasilkan selama proses <i>renewable</i>            |             | $\frac{\text{Emisi value added proses renewable}}{\text{Total emisi}}$   | Lot size |
| Sosial     | Kepuasan          | Jumlah pegawai proses <i>renewable</i> yang loyal                      | Orang       | $\frac{\text{jumlah pegawai proses renewable} - \text{pegawai resign}}{\text{Total pegawai proses renewable}}$     | Tahun    |
|            | Keselamatan       | Jumlah pegawai proses <i>renewable</i> yang mengalami kecelakaan kerja | Orang       | $\frac{\text{jumlah pegawai proses renewable} - \text{pegawai kecelakaan}}{\text{Total pegawai proses renewable}}$ | Tahun    |
|            | Kesehatan         | Jumlah pegawai proses <i>renewable</i> yang ijin sakit                 | Orang       | $\frac{\text{jumlah pegawai proses renewable} - \text{pegawai izin sakit}}{\text{Total pegawai proses renewable}}$ | Tahun    |
|            | Pengembangan Diri | Jumlah training pegawai daur ulang                                     |             | $\frac{\text{jumlah pegawai proses renewable yang mendapat training}}{\text{Total pegawai proses renewable}}$      | Tahun    |

Sumber: Hartini, et al (2017)



Gambar 2.9 Visualisasi Life Cycle Value Stream Mapping (Sumber: Hartini, 2016)



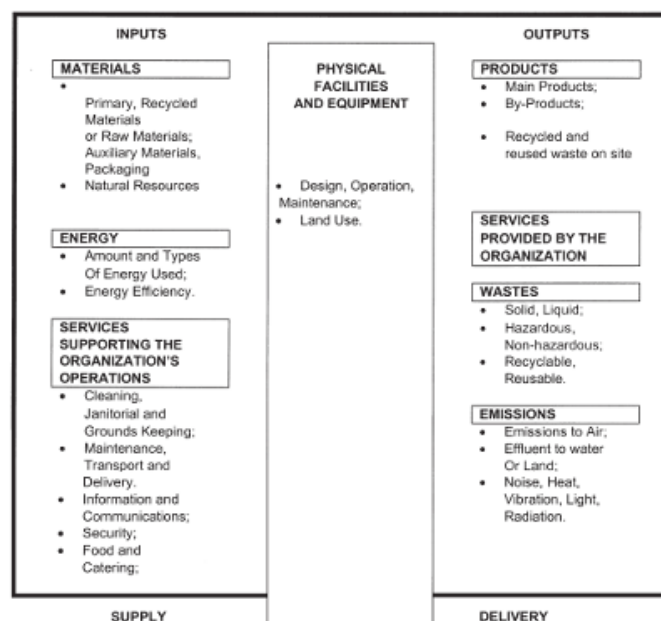
Gambar 2.10 *Life Cycle Value Stream Mapping* pada Perusahaan Minuman (Sumber: Hartini, 2016)

## 2.4 Diagram SIPOC (*Supplier – Input – Process – Output – Customer*)

Untuk memudahkan identifikasi proses bisnis pada setiap perusahaan, maka digunakan diagram SIPOC sebelum mengaplikasikan metode LC-VSM. Diagram SIPOC membantu dalam memberikan gambaran yang lengkap mengenai proses bisnis terhadap konsumen. Analisis SIPOC akan mencakup hal-hal berikut ini:

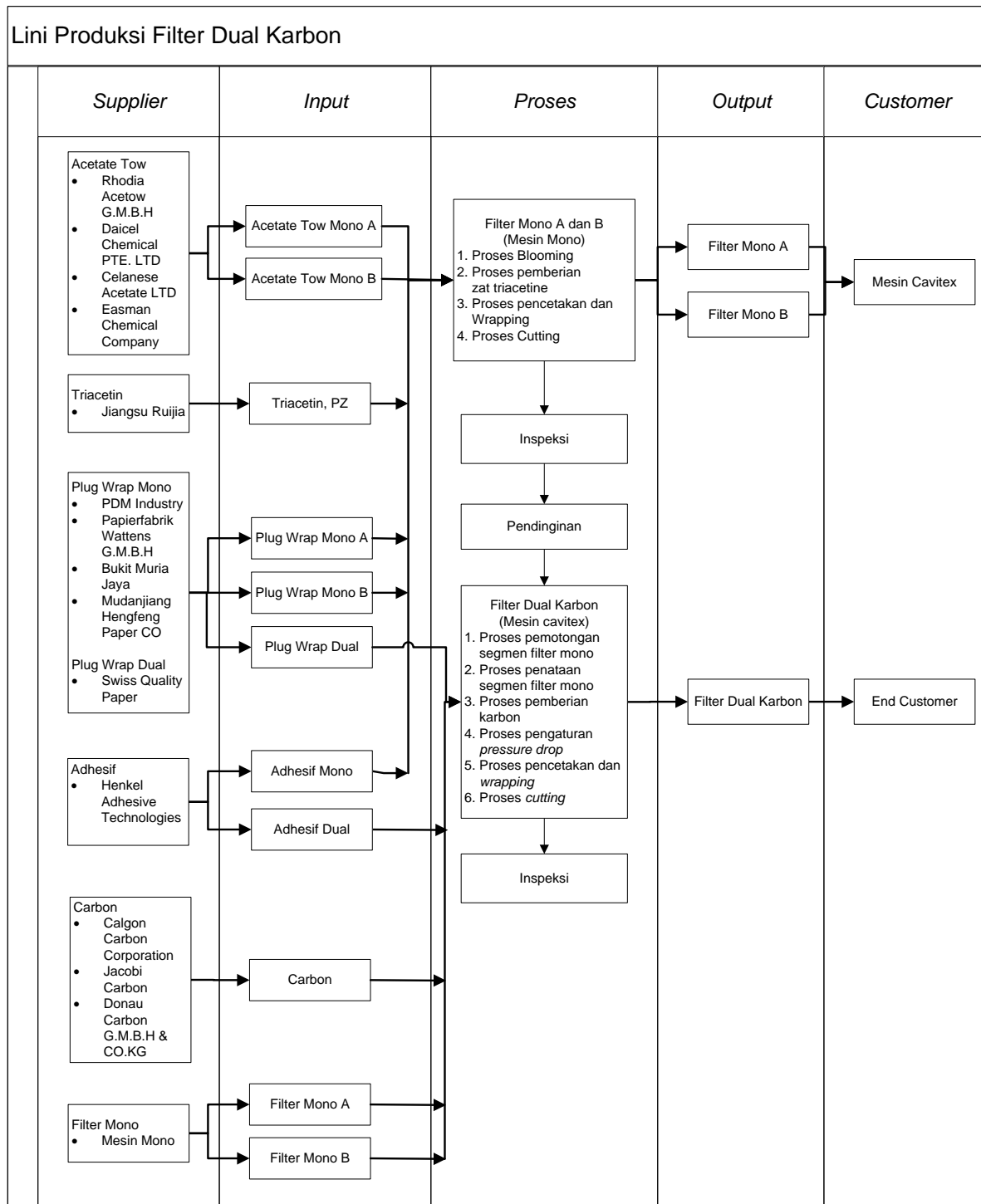
- Supplier*: Penyedia input
- Input*: material, servis, atau informasi yang dibutuhkan oleh kegiatan atau proses untuk menghasilkan output
- Process*: Aktivitas menambahkan nilai (*value*) pada input yang dimasukkan kedalam proses menjadi output (produk) yang bernilai tambah.
- Output*: Hasil dari aktivitas (proses) menambah nilai (*value*) dapat berupa produk, *service*, atau informasi yang bermanfaat bagi *customer*.
- Customer*: pengguna output

Pada penelitian ini yaitu pada tahap diagram SIPOC, analisa *input* dan *output* akan dilakukan lebih detail pada aspek *sustainable manufacturing*. berikut ini merupakan contoh diagram *input output analysis* pada industri *breweries* yang dilihat dari aspek *sustainable manufacturing* (Jasch 2000)



Gambar 2.11 Contoh Diagram *Input Output* Pada industri *breweries* dari aspek *sustainability manufacturing* (Jasch 2000)

Sedangkan Gambar 2.12 merupakan diagram SIPOC pada industri filter rokok (Megayanti, 2014)



Gambar 2.12 Diagram SIPOC Pada Industri Filter Rokok (Megayanti, 2014)

## 2.5 Penilaian *Applicability*

### 2.5.1 Pengembangan Kuesioner *Applicability*

LC-VSM merupakan sebuah metode yang terdiri dari serangkaian metodologi dan dikembangkan oleh Hartini, et al (2016) dengan tujuan mampu digunakan untuk mengukur tingkat *sustainability* dari sebuah sistem pada lingkup internal dan eksternal. Dahulunya perusahaan hanya berfokus pada efisiensi dari sistem manufaktur untuk menghasilkan sistem menuju *lean* sehingga mengurangi biaya, meningkatkan *production rate* dan menghilangkan *waste*. Namun dengan penggunaan LC-VSM diharapkan perusahaan selain mampu mengurangi biaya, meningkatkan *production rate*, dan menghilangkan *waste*, namun juga mampu mengukur tingkat konsumsi material, energi, air, emisi, dan berbagai indikator lingkungan sosial lainnya sepanjang siklus hidup produk (lingkup internal dan eksternal). Hal ini disebabkan oleh pengukuran efisiensi pada lingkup internal dan eksternal secara berkesinambungan diduga mampu meningkatkan efisiensi pada sistem manufaktur. Apabila efisiensi sepanjang siklus hidup dapat dilakukan maka akan mengurangi biaya sepanjang siklus hidup produk dan dapat menjaga lingkungan dan sosial dari aktivitas yang berbahaya. Untuk mengetahui LC-VSM dapat melaksanakan fungsinya dengan baik maka perlu dilakukan pengukuran *applicability* pada tahap penerapannya.

Literatur menunjukkan bahwa sebuah metode yang baik belum tentu dapat diaplikasikan dengan baik, hal tersebut dimungkinkan karena berbagai sebab antara lain:

- a. Manfaat dari metode yang dikembangkan tidak terbaca secara jelas oleh pengguna (Kennerly & Neely, 2001; Wieder et al, 2006)
- b. Metode yang terlalu kompleks sehingga membutuhkan manajemen yang baik ketika proses penerapannya. (Al-serafi & Elragal, 2011; Sun Hongyi et al, 2015)
- c. Prosedur terlalu panjang sehingga sulit untuk dipelajari (Al-serafi & Elragal, 2011; Sun Hongyi et al, 2015)
- d. Membutuhkan biaya yang tinggi dalam penerapannya (Gupta et al, 2004)
- e. Membutuhkan waktu yang cukup lama (Huang et al., 2009; Nicolau 2004)
- f. Membutuhkan banyak personnel, biaya, dan waktu (Laukanen et al, 2007)

Selain mengukur *applicability* metode dan metodologi LC-VSM, terdapat beberapa istilah lainnya berhubungan dengan pengukuran suatu aktivitas pengembangan dan penerimaan produk di pengguna yaitu pengukuran *usability*, pengukuran *acceptability*, dan pengukuran *adaptability*. Keempat istilah sulit dibedakan dalam penggunaannya karena memiliki kemiripan persamaan tujuan. *Applicability* diartikan sebagai kemampuan untuk diaplikasikan atau diterapkan secara baik (dictionary.com). *Applicability* pada umumnya digunakan pada pengukuran suatu pengembangan metode/metodologi baru yang masih belum diketahui bagaimana tingkat penerapan metode/metodologi tersebut apakah telah mampu memenuhi tujuan yang ditetapkan. *Usability* diartikan sebagai derajat dimana produk dapat digunakan secara spesifik oleh pengguna untuk menghasilkan keefektifan tujuan secara spesifik (Prastawa, et al 2016). *Usability* memperhatikan tiga aspek utama yaitu *effectiveness*, *efficiency*, dan *satisfaction*. *Acceptability* diartikan sebagai penerimaan pengguna pada suatu produk dilihat dari sikap, tingkah laku, dan penggunaan actual sistem (Wu, Mei-ying et al, 2011). Contoh metode untuk mengukur penerimaan produk adalah *technology Acceptance Model* (TAM). *Adaptability* adalah kemampuan suatu hal untuk diadaptasi atau kesiapan seseorang untuk menyesuaikan diri dengan kondisi yang berbeda (dictionary.com). Keempat istilah ini diduga memiliki keterkaitan sebagai berikut:

Dalam mengembangkan suatu produk pada umumnya diawali dengan pengembangan suatu konsep berfikir atau suatu metode/metodologi. Untuk mengetahui konsep tersebut dapat berjalan dengan baik sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan maka perlu dilakukan suatu pengukuran *applicability*. Pengukuran *applicability* pada umumnya diterapkan secara langsung suatu konsep/metode/metodologi tersebut pada suatu obyek. Apabila suatu konsep/metode/metodologi dirasa mampu memenuhi kemanfaat yang ditetapkan maka konsep/metode/metodologi tersebut memiliki *applicability* yang tinggi. Namun apabila konsep/metode/metodologi tersebut bermanfaat namun memiliki kekurangan yang sulit untuk diselesaikan tanpa pengembangan lebih lanjut konsep/metode/metodologi tersebut maka konsep/metode/metodologi tersebut dianggap kurang applicable. Kekurangan tersebut dapat beraneka ragam seperti



kesulitan dalam penggunaan, kesulitan untuk dipelajari, membutuhkan banyak waktu, biaya, dan sumber daya.

Pada umumnya kekurangan suatu *applicability* konsep/metode/metodologi tersebut akan diperbaiki dengan pengembangan konsep/metode/metodologi tersebut menjadi suatu produk yang bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam penggunaannya. Pada proses pengembangan produk perlu dilakukan pengukuran lebih lanjut mengenai tingkat *usability* produk. Apabila produk tersebut lebih bermanfaat atau dapat mengurangi kekurangan konsep/metode/metodologi sebelumnya secara efektif, efisien, serta pengguna merasa puas dengan adanya produk tersebut maka produk tersebut memiliki tingkat *usability* tinggi sehingga produk dapat dikenalkan dan diproduksi secara massal. Namun apabila produk tersebut dirasa kurang bermanfaat maka diartikan bahwa tidak perlu adanya pengembangan produk karena konsep/metode/metodologi tersebut dapat dilakukan tanpa bantuan produk.

Suatu produk yang telah dikenalkan, diproduksi secara massal, dan telah banyak digunakan. Maka tahapan berikutnya adalah pengukuran *acceptance* produk. Pengukuran *acceptance* produk dipengaruhi oleh sikap, tingkah laku, dan penggunaan actual produk. Pengukuran ini dipengaruhi oleh faktor external pada pengguna. Apabila produk dapat diterima dengan baik oleh para pengguna maka produk tersebut dapat diadaptasi dengan baik oleh pengguna. Ketika tidak dapat diadaptasi dengan baik oleh pengguna menunjukkan bahwa terdapat faktor lainnya seperti kondisi pengguna tidak memungkinkan untuk mengadaptasi produk tersebut. Pada penelitian ini tahapan awal yang dilakukan adalah pengukuran tingkat penerapan suatu konsep/metode/metodologi terhadap kesesuaian manfaat. LC-VSM merupakan suatu metode baru yang belum diterapkan pada suatu obyek sehingga belum diketahui tingkat *applicability* dari metode/metodologi tersebut. Dari hasil *review* beberapa *literature* didapatkan bahwa metode atau teknik dalam mengukur *applicability* antara lain adalah dengan menerapkan metode atau alat tersebut pada beberapa perusahaan (Brown et al, 2014), pengukuran *applicability* ditinjau dari validasi metode, sumber daya yang dibutuhkan, dan perbedaan teori dan konsep metode dan metodologi yang dikembangkan (Serrano et al, 2008), pengukuran *applicability* ditinjau dari

reliable metode, konteks metode, waktu dan sumberdaya yang dibutuhkan, lingkup masalah dan solusi yang dapat diselesaikan (Moldavska et al, 2015).

Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk mengukur *applicability* dari metode dan metodologi LC-VSM adalah dengan menerapkan metode dan metodologi LC-VSM pada perusahaan dan menggunakan penilaian para *expert* melalui kuesioner. Penerapan metode bertujuan untuk mengetahui *applicability* ketika diterapkan sehingga dapat diketahui kesulitan dan hambatan metode dan metodologi LC-VSM dari perspektif penulis, sedangkan penggunaan kuesioner berfungsi untuk mengukur *applicability* serta memperlihatkan kekurangan dan kelebihan metode dan metodologi LC-VSM dari perspektif pengguna yaitu dalam hal ini adalah perusahaan yang memiliki kemampuan (*expert*). Berikut ini merupakan pengembangan kuesioner *applicability* dengan menggunakan beberapa literature. Kuesioner *applicability* menggunakan empat indikator yaitu kemanfaatan, kemudahan dipelajari, kepuasan pengguna, dan kemudahan digunakan. Hal ini bertujuan untuk mampu memenuhi pertanyaan yang telah dijelaskan sebelumnya.

Tabel 2.9 Kuesioner *Applicabilty*

| No  | Item Pertanyaan   | Davis (1989) | Nielsen (1993) | Lewis (1995) | Brooke (1996) | Lund (2001) | Raafat (2005) | Parhizkar (2017) | Penelitian saat ini |
|---|---|--------------|----------------|--------------|---------------|-------------|---------------|------------------|---------------------|
| <b>Indikator Kemanfaatan Metode dan Metodologi LC-VSM</b> |   |              |                |              |               |             |               |                  |                     |
| 1   | Membantu lebih efektif  | V            |                |              |               | V           |               |                  | V                   |
| 2   | Membantu lebih produktif                                      | V            |                |              |               | V           |               | V                | V                   |
| 3   | Sangat berguna  | V            |                |              |               | V           |               | V                | V                   |
| 4   | Membantu mengontrol berbagai aktivitas                        |              |                |              |               | V           |               |                  | V                   |
| 5   | Membantu menyelesaikan tugas                                  | V            |                |              |               | V           | V             |                  | V                   |
| 6   | Menghemat waktu   | V            |                | V            |               | V           | V             | V                | V                   |
| 7   | Sesuai dengan kebutuhan                                       |              |                |              |               | V           |               |                  | V                   |
| 8   | Sesuai dengan harapan   |              |                |              |               | V           |               |                  | V                   |
| 9   | Analisis dampak tidak kompleks                                |              |                |              |               |             |               | V                | -                   |
| 10  | Mudah memahami dampak perubahan                               |              |                |              |               |             |               | V                | -                   |
| 11  | Identifikasi propagation perubahan pada ERP                   |              |                |              |               |             |               | V                | -                   |
| 12  | Efektif identifikasi dampak perubahan                         |              |                |              |               |             |               | V                | -                   |
| 13  | Meningkatkan performansi                                      | V            |                |              |               |             | V             |                  | V                   |
| 14  | Efisiensi   |              | V              |              |               |             |               |                  | V                   |
| 15  | Akurat  |              | V              |              |               |             |               |                  | V                   |
| 16  | Informasai pendukung (online, pesan, penyimpanan)             |              |                | V            |               |             |               |                  | -                   |
| <b>Indikator Kemudahan Dipelajari</b>                     |   |              |                |              |               |             |               |                  |                     |
| 17  | Saya belajar menggunakannya dengan cepat                      |              |                |              | V             | V           |               | V                | V                   |
| 18  | Saya mudah mengingat bagaimana menggunakannya                 |              | V              |              |               | V           |               | V                | V                   |
| 19  | Alat mudah untuk dipelajari                                   | V            | V              |              | V             | V           | V             | V                | V                   |
| 20  | Saya mudah membiasakan dalam penggunaanya ( <i>skillful</i> ) | V            |                |              |               | V           | V             |                  | V                   |
| <b>Indikator Kepuasan Pengguna</b>                        |   |              |                |              |               |             |               |                  |                     |
| 21  | Saya puas dan percaya diri dengan alat ini                    |              | V              |              | V             | V           |               | V                | V                   |
| 22  | Akan merekomendasikan kepada teman                            |              |                |              |               | V           | V             | V                | V                   |
| 23  | Menyenangkan untuk digunakan ( <i>fun to use</i> )            |              |                |              |               | V           | V             |                  | V                   |
| 24  | Alat bekerja sesuai dengan harapan                            |              |                |              |               | V           |               | V                | V                   |
| 25  | Alat ini mengagumkan  |              |                |              |               | V           |               |                  | V                   |
| 26  | Saya merasa membutuhkan alat ini                              |              |                |              |               | V           |               |                  | V                   |
| 27  | Alat menyenangkan untuk digunakan ( <i>pleasant to use</i> )  |              |                |              |               | V           | V             |                  | V                   |
| 28  | Saya akan menggunakan kedepannya                              |              |                |              | V             |             | V             |                  | V                   |

Lanjutan Tabel 2.9 Kuesioner *Applicabilty*

| No                                   | Item Pertanyaan  | Davis<br>(1989) | Nielsen<br>(1993) | Lewis<br>(1995) | Brooke<br>(1996) | Lund<br>(2001) | Raafat<br>(2005) | Parhizkar<br>(2017) | Penelitian<br>saat ini |
|--------------------------------------|--|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|---------------------|------------------------|
| <b>Indikator Kemudahan digunakan</b> |  |                 |                   |                 |                  |                |                  |                     |                        |
| 29                                   | Mudah untuk digunakan ( <i>easy to use</i> )                     | V               |                   | V               | V                | V              | V                |                     | V                      |
| 30                                   | Sederhana untuk digunakan ( <i>simple to use</i> )               |                 |                   |                 | V                | V              |                  |                     | V                      |
| 31                                   | <i>User friendly</i>   |                 |                   |                 |                  | V              |                  | V                   | V                      |
| 32                                   | Membutuhkan sedikit langkah                                      |                 |                   |                 |                  | V              | V                | V                   | V                      |
| 33                                   | <i>Fleksible</i>   | V               |                   |                 |                  | V              |                  |                     | V                      |
| 34                                   | Usaha sedikit dalam penggunaan ( <i>effortless</i> ) / kerumitan |                 |                   |                 | V                | V              |                  |                     | V                      |
| 35                                   | Dapat digunakan tanpa instruksi tertulis                         |                 |                   |                 |                  | V              | V                | V                   | V                      |
| 36                                   | Tidak ada <i>inconsistency</i>                                   |                 |                   |                 | V                | V              |                  |                     | -                      |
| 37                                   | Pengguna <i>occasional</i> dan <i>regular</i> akan menyukai      |                 |                   |                 |                  | V              |                  |                     | V                      |
| 38                                   | Dapat memperbaiki kesalahan dengan cepat                         |                 |                   |                 |                  | V              |                  | V                   | V                      |
| 39                                   | Dapat digunakan setiap waktu                                     |                 |                   |                 |                  | V              |                  |                     | V                      |
| 40                                   | Fitur terintegrasi dengan baik                                   |                 |                   |                 | V                |                |                  | V                   | V                      |
| 41                                   | Mudah menemukan apa yang dibutuhkan                              | V               |                   |                 |                  |                |                  |                     | V                      |
| 42                                   | Interaksi dengan sistem jelas dan dapat dipahami                 | V               |                   |                 |                  |                |                  |                     | V                      |
| 43                                   | Membutuhkan <i>technical person</i> untuk menggunakan ini        |                 |                   |                 | V                |                |                  |                     | V                      |

Dari berbagai item pernyataan pada kuesioner di atas 6 item pertanyaan tidak digunakan pada kuesioner *applicability* LCVSM karena:

1. Item pernyataan no 9 -12 merupakan pernyataan yang ditujukan kepada fungsi dari pengembang *software* ERP oleh peneliti
2. Item pernyataan no 16 tidak sesuai dengan LC-VSM. Hal ini disebabkan oleh LC-VSM merupakan *tools* yang digunakan secara manual belum menggunakan *software*.
3. Item pernyataan 36 tidak sesuai dengan LC-VSM karena *inconsistency* pada umumnya kekurangan pada sebuah *software*.

Item pernyataan lainnya (39 item) dipilih untuk menjadi item pernyataan pada kuesioner *applicability* LC-VSM. Tabel 2.12 merupakan modifikasi pernyataan untuk kuesioner LC-VSM.

Tabel 2.10 Modifikasi Pernyataan Kuesioner

| <i>Indikator</i> | <i>No</i> | <i>Item Pertanyaan</i>                 | <i>Sumber</i>    | <i>Pernyataan Sumber</i>  | <i>Modifikasi untuk Pernyataan LC-VSM</i>  |
|------------------|-----------|--|------------------|---|--|
| Kemanfaatan      | 1         | Membantu lebih efektif                 | Davis (1989)     | Penggunaan sistem ini akan meningkatkan keefektifan pekerjaan   | LC-VSM membantu meningkatkan keefektifan pekerjaan dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk  |
|                  |           |  | Lund (2001)      | Ini membantu saya menjadi lebih efektif   |  |
|                  | 2         | Membantu lebih produktif               | Davis (1989)     | Penggunaan sistem pada pekerjaan saya akan meningkatkan produktivitas saya                                    | Menggunakan LC-VSM dapat membantu saya dalam meningkatkan produktivitas perusahaan   |
|                  |           |  | Lund (2001)      | Ini membantu saya menjadi lebih produktif   |  |
|                  |           |  | Parhizkar (2017) | Ini membantu saya menjadi lebih produktif   |  |
|                  | 3         | Sangat berguna                         | Davis (1989)     | Saya menyadari bahwa sistem ini berguna pada pekerjaan saya   | LC-VSM sangat berguna dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk   |
|                  |           |  | Lund (2001)      | Ini berguna   |  |
|                  |           |  | Parhizkar (2017) | Alat ini meningkatkan kualitas dalam pekerjaan saya.  |  |
|                  | 4         | Membantu mengontrol berbagai aktivitas | Lund (2001)      | Ini membantu saya lebih mengontrol aktivitas pada hidup saya.   | LC-VSM dapat membantu saya dalam mengontrol berbagai aktivitas saya dalam mengidentifikasi berbagai aktivitas VA / NVA yang ada dalam perusahaan sepanjang siklus hidup produk |
|                  | 5         | Membantu menyelesaikan tugas           | Davis (1989)     | Penggunaan sistem akan memudahkan saya dalam mengerjakan tugas.   | LC-VSM dapat memudahkan saya dalam menyelesaikan tugas saya dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk                               |
|                  |           |  | Lund (2001)      | Ini membuat segala hal yang ingin saya selesaikan lebih mudah diselesaikan.                                   |  |
|                  |           |  | Raafat (2005)    | Penggunaan ILS dalam les akan membantu saya mengerjakan tugas.  |  |
|                  | 6         | Menghemat waktu                        | Davis (1989)     | Penggunaan sistem dalam pekerjaan saya memungkinkan akan mempercepat penyelesaian tugas saya.                 | LC-VSM dapat menghemat waktu saya dalam menyelesaikan tugas mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk                                     |
|                  |           |  | Lewis (1995)     | Secara keseluruhan saya puas dengan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas pada scenario ini. |  |
|                  |           |  | Lund (2001)      | Ini menghemat waktu saya ketika saya menggunakannya.  |  |
|                  |           |  | Raafat (2005)    | Waktu berjalan dengan cepat ketika saya menggunakan ILS   |  |
|                  |           |  | Parhizkar (2017) | Menghemat waktu saya untuk identifikasi dampak  |  |

Lanjutan Tabel 2.10 Modifikasi Pernyataan Kuesioner

| <i>Indikator</i>     | <i>No</i> | <i>Item Pertanyaan</i>                        | <i>Sumber</i>    | <i>Pernyataan Sumber</i>   | <i>Modifikasi untuk Pernyataan LC-VSM</i>   |
|----------------------|-----------|---|------------------|--|---|
| Kemanfaatan          | 7         | Sesuai dengan kebutuhan                       | Lund (2001)      | Ini sesuai dengan kebutuhan saya   | LC-VSM dapat memenuhi kebutuhan saya dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk                 |
|                      | 8         | Sesuai dengan harapan                         | Lund (2001)      | Sistem bekerja sesuai dengan harapan saya  | LC-VSM sesuai dengan harapan saya   |
|                      | 13        | Meningkatkan performansi                      | Davis (1989)     | Menggunakan sistem akan meningkatkan performansi pekerjaan saya                    | Penggunaan LC-VSM akan meningkatkan performansi saya dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk |
|                      |           |   | Raafat (2005)    | Penggunaan ILS pada les akan meningkan performansi saya ketika les.                |   |
|                      | 14        | Efisiensi                                     | Nielsen (1993)   | Efisien  | Penggunaan LC-VSM akan lebih efisien dibandingkan tanpa menggunakan LC-VSM  |
|                      | 15        | Akurat  | Nielsen (1993)   | Kesalahan (akurasi)  | Kesalahan ( <i>error</i> ) yang muncul dalam mengidentifikasi <i>waste</i> rendah   |
| Kemudahan dipelajari | 16        | Saya belajar menggunakannya dengan cepat      | Brooke (1996)    | Saya akan membayangkan bahwa kebanyakan orang akan mempelajari sistem dengan cepat | Saya merasa dapat mempelajari cara membangun LC-VSM dengan cepat  |
|                      |           |   | Lund (2001)      | Saya mempelajari penggunaan alat ini dengan cepat                                  |   |
|                      |           |   | Parhizkar (2017) | Saya mempelajari penggunaan alat ini dengan cepat                                  |   |
|                      | 17        | Saya mudah mengingat bagaimana menggunakannya | Nielsen (1993)   | Mudah diingat  | Saya merasa mudah dalam mengingat cara mebangun LC-VSM  |
|                      |           |   | Lund (2001)      | Saya mudah mengingat bagaimana menggunakannya                                      |   |
|                      |           |   | Parhizkar (2017) | Saya mudah menginat bagaimana menggunakan alat ini                                 |   |
|                      | 18        | Alat mudah untuk dipelajari                   | Davis (1989)     | Mempelajari untuk mengoperasikan sistem mudah untuk saya                           | Saya merasa LC-VSM mudah dipelajari dalam penggunaannya   |
|                      |           |   | Nielsen (1993)   | Mudah dipelajari   |   |
|                      |           |   | Lund (2001)      | Ini mudah untuk dipelajari dalam penggunaannya.                                    |   |
|                      |           |   | Raafat (2005)    | Mempelajari penggunaannya dalam ILS sulit untuk saya                               |   |
|                      |           |   | Parhizkar (2017) | Alat ini mudah untuk dipelajari  |   |
|                      |           |   | Brooke (1996)    | Saya butuh mempelajari banyak hal sebelum saya menggunakan alat ini                |   |

Lanjutan Tabel 2.10 Modifikasi Pernyataan Kuesioner

| <i>Indikator</i>     | <i>No</i> | <i>Item Pertanyaan</i>                               | <i>Sumber</i>    | <i>Pernyataan Sumber</i>  | <i>Modifikasi untuk Pernyataan LC-VSM</i>  |
|----------------------|-----------|--|------------------|---|--|
| Kemudahan dipelajari | 19        | Saya mudah membiasakan dalam penggunaanya (skillful) | Davis (1989)     | Ini akan mudah menjadi mahir dalam penggunaan sistem ini            | Saya merasa dalam waktu dekat saya akan mampu membiasakan cara penggunaannya       |
|                      |           |  | Lund (2001)      | Saya cepat mahir pada alat ini.                                     |  |
|                      |           |  | Raafat (2005)    | Saya cepat mudah menjadi mahir pada penggunaan ILS                  |  |
| Kepuasan             | 20        | Saya puas dan percaya diri dengan alat ini           | Nielsen (1993)   | Kepuasan Subyektif  | Saya merasa puas dengan LC-VSM, saya merasa percaya diri ketika menggunakan LC-VSM |
|                      |           |  | Brooke (1996)    | Saya merasa percaya diri dengan menggunakan sistem ini              |  |
|                      |           |  | Lund (2001)      | Saya puas dengan alat ini   |  |
|                      |           |  | Parhizkar (2017) | Saya puas dengan alat ini   |  |
|                      | 21        | Akan merekomendasikan kepada teman                   | Lund (2001)      | Saya akan merekomendasikan ini kepada teman                         | Saya akan merekomendasikan LC-VSM kepada teman saya                                |
|                      |           |  | Raafat (2005)    | Saya akan sering menunjukan ILS kepada orang lain                   |  |
|                      |           |  | Parhizkar (2017) | Saya akan merekomendasikan alat ini kepada para ahli ERP            |  |
|                      | 22        | Menyenangkan untuk digunakan (fun to use)            | Lund (2001)      | Ini menyenangkan untuk digunakan                                    | Saya merasa LC-VSM menyenangkan ketika digunakan                                   |
|                      |           |  | Raafat (2005)    | Saya senang menggunakan ILS   |  |
|                      | 23        | Alat bekerja sesuai dengan harapan                   | Lund (2001)      | Ini bekerja sesuai dengan apa yang saya inginkan dalam kerja        | Saya merasa LC-VSM bekerja sesuai dengan harapan saya                              |
|                      |           |  | Parhizkar (2017) | Alat ini bekerja sesuai dengan harapan saya                         |  |
|                      | 24        | Alat ini mengagumkan                                 | Lund (2001)      | Ini sangat mengagumkan  | Saya merasa LC-VSM mengagumkan   |
|                      | 25        | Saya merasa membutuhkan alat ini                     | Lund (2001)      | Saya merasa saya harus menggunakannya                               | Saya merasa membutuhkan LC-VSM   |
|                      | 26        | Alat menyenangkan untuk digunakan (pleasant to use)  | Lund (2001)      | Ini menyenangkan untuk digunakan                                    | Saya merasa LC-VSM menyenangkan ketika digunakan                                   |
|                      |           |  | Raafat (2005)    | Saya menikmati penggunaan ILS                                       |  |
|                      | 27        | Saya akan menggunakan kedepannya                     | Brooke (1996)    | Saya merasa bahwa akan menggunakan alat ini lebih sering kedepannya | Saya merasa akan menggunakan LC-VSM kedepannya.                                    |
|                      |           |  | Raafat (2005)    | Saya akan sering menggunakan online ILS dalam les kedepannya.       |  |

Lanjutan Tabel 2.10 Modifikasi Pernyataan Kuesioner

| <i>Indikator</i>    | No | Item Pertanyaan   | Sumber           | <i>Pernyataan Sumber</i>  | Modifikasi untuk Pernyataan LC-VSM  |
|---------------------|----|---|------------------|---|---|
| Kemudahan digunakan | 28 | Mudah untuk digunakan ( <i>easy to use</i> )            | Davis (1989)     | Saya merasa sistem mudah untuk digunakan  | Saya merasa LC-VSM mudah digunakan  |
|                     |    |   | Lewis (1995)     | Secara keseluruhan, saya puas dengan kemudahan dalam penyelesaian tugas pada scenario ini.          |   |
|                     |    |   | Brooke (1996)    | Saya berfikir bahwa sistem mudah untuk digunakan  |   |
|                     |    |   | Lund (2001)      | Ini mudah untuk digunakan   |   |
|                     |    |   | Raafat (2005)    | Saya merasa ILS mudah untuk digunakan   |   |
|                     | 29 | Sederhana untuk digunakan ( <i>simple to use</i> )      | Brooke (1996)    | Saya merasa sistem tidak terlalu rumit  | Saya merasa LC-VSM sederhana dalam penggunaannya                                      |
|                     |    |   | Lund (2001)      | Ini sederhana untuk digunakan   |   |
|                     | 30 | User friendly   | Lund (2001)      | Ini <i>user friendly</i>  | Saya merasa LC-VSM <i>user friendly</i>   |
|                     |    |   | Parhizkar (2017) | <i>Alat ini user friendly</i>   |   |
|                     | 31 | Membutuhkan sedikit langkah                             | Lund (2001)      | Ini membutuhkan beberapa langkah yang memungkinkan untuk menyelesaikan apa yang ingin saya kerjakan | Saya merasa LC-VSM hanya membutuhkan sedikit langkah dalam penggunaannya              |
|                     |    |   | Parhizkar (2017) | Beberapa langkah dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas   |   |
|                     | 32 | <i>Fleksible</i>  | Davis (1989)     | Saya merasa sistem fleksibel untuk digunakan  | Saya merasa LC-VSM fleksibel dalam penggunaannya (dapat disesuaikan dengan kebutuhan) |
|                     |    |   | Lund (2001)      | Ini fleksibel   |   |
|                     | 33 | Usaha sedikit dalam penggunaan (effortless) / kerumitan | Lund (2001)      | Menggunakan ini tidak membutuhkan usaha banyak  | Saya merasa dalam pengerjaan LC-VSM tidak rumit                                       |
|                     |    |   | Brooke (1996)    | Saya akan merasa sistem ini sangat rumit untuk digunakan.   |   |
|                     | 34 | Dapat digunakan tanpa instruksi tertulis                | Lund (2001)      | Saya dapat menggunakan ini tanpa instruksi tertulis   | Saya merasa dapat membuat LC-VSM tanpa instruksi                                      |
|                     |    |   | Raafat (2005)    | Navigasi melalui ILS mudah untuk saya   |   |
|                     |    |   | Parhizkar (2017) | Prosedur dari analisis dampak mudah diikuti   |   |



Lanjutan Tabel 2.10 Modifikasi Pernyataan Kuesioner

| <i>Indikator</i>    | No | Item Pertanyaan   | Sumber           | <i>Pernyataan Sumber</i>   | <b>Modifikasi untuk Pernyataan LC-VSM</b>  |
|---------------------|----|---|------------------|--|--|
| Kemudahan digunakan | 35 | Pengguna occasional dan regular akan menyukai             | Lund (2001)      | Kedua pengguna occasional dan regular akan menyukai alat ini                           | Saya merasa para pengguna akan menyukai LC-VSM   |
|                     | 36 | Dapat memperbaiki kesalahan dengan cepat                  | Lund (2001)      | Saya dapat memperbaiki kesalahan secara cepat dan mudah                                | Dalam proses pembuatan LC-VSM, saya merasa kesalahan dapat mudah memperbaiki   |
|                     |    |   | Parhizkar (2017) | Saya dapat memperbaiki kesalahan dengan cepat  |  |
|                     | 37 | Dapat digunakan setiap waktu                              | Lund (2001)      | Saya dapat menggunakannya dengan baik setiap waktu                                     | Saya merasa LC-VSM dapat digunakan setiap waktu  |
|                     | 38 | Fitur terintegrasi dengan baik                            | Brooke (1996)    | Saya menebukan berbagai macam fungsi pada sistem yang terintegrasi dengan baik.        | Saya merasa indikator pada LC-VSM terintegrasi dengan baik sehingga mudah dipahami   |
|                     |    |   | Parhizkar (2017) | Fitur terintegrasi dengan baik   |  |
|                     | 39 | Mudah menemukan apa yang dibutuhkan                       | Davis (1989)     | Saya merasa mudah untuk menemukan pada sistem apa yang saya butuhkan untuk dikerjakan. | Saya merasa LC-VSM dapat memudahkan dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk yang perlu untuk diperbaiki |
|                     | 40 | Interaksi dengan sistem jelas dan dapat dipahami          | Davis (1989)     | Interaksi saya dengan sistem jelas dan bisa dimengerti                                 | Saya merasa interaksi dari proses pembuatan dan identifikasi mudah dipahami  |
|                     | 41 | Membutuhkan <i>technical person</i> untuk menggunakan ini | Brooke (1996)    | Saya merasa akan membutuhkan <i>technical person</i> yang bias menggunakan sistem ini. | Saya merasa pengerjaan LC-VSM tidak membutuhkan orang yang memiliki kemampuan tinggi   |

### 2.5.2 Penilaian Evaluator (*Expert*) dengan *Expertise Based Ranking of Experts*

Suatu kuesioner dianggap baik apabila hasil yang didapatkan reliabel dan valid. Adanya keterbatasan responden (evaluator) pada penelitian ini maka penggunaan para *expert* pada penilaian kuesioner *applicability* dirasa dibutuhkan. Hal ini bermaksud untuk menjamin kevalidan dari jawaban yang dihasilkan. Suatu keputusan yang dibuat oleh para *expert* diduga lebih baik dibandingkan dibuat oleh para *non – expert*, hal ini disebabkan oleh para *expert* memiliki kemampuan berfikir yang berbeda dan mampu memahami suatu permasalahan lebih detail dan dalam (Herowati, 2015).

Evaluator dianggap *expert* dalam penilaian apabila memenuhi dua kriteria sebagai berikut (Herowati et al, 2015):

1. Konsisten : Penilaian para *expert* seharusnya konsisten selamanya. Orang yang tidak konsisten dianggap bukan orang *expert*.
2. Diskriminasi : seorang *expert* seharusnya memiliki kemampuan dalam diskriminasi, yaitu kemampuan untuk membedakan diantara beberapa kasus yang mirip namun tidak sama.

*Expertise based ranking of experts* merupakan sebuah metode evaluasi para *expert* yang dikembangkan oleh Herowati et al (2014). Metode ini dikembangkan untuk meningkatkan kualitas dari pengambilan suatu keputusan oleh beberapa orang. Pengambilan keputusan dipengaruhi oleh tingkat keahlian pada pembuat keputusan. Pada metode ini keahlian seseorang diurutkan berdasarkan CWS – index (Cochran – Weiss – Shanteau) yaitu rasio dari diskriminasi dan ketidakonsistensian jawaban *expert* (Herowati, 2015). Para *expert* akan mengevaluasi suatu kasus dengan menggunakan *pairwise comparisons* dari *Multiplicative Preference Relation* (MPR). Nilai MPR ini akan ditransformasikan menjadi nilai *Fuzzy Preference Relations* (FPR) dengan menambahkan faktor konsistensi. Konsistensi ini akan dikembangkan sebagai estimator dan menggantikan pengulangan yang pada umumnya dibutuhkan untuk mendapatkan CSW – index. Langkah mengevaluasi para *expert* dengan menggunakan CWS – Index pada *Expertise based ranking* adalah:

1. Mengumpulkan opini *expert* dengan menggunakan *pairwise comparison* MPR. Para *expert* diminta untuk mengisi kuesioner dengan menilai suatu alternatif *i* terhadap alternatif lain *j* dengan menggunakan penilaian dengan nilai rentan  $1 \leq P_{ij} \leq 9$

1 = Apabila alternatif *i* dan *j* sama penting

3 = Apabila alternatif *i* agak penting dibanding alternatif *j*

5 = Apabila alternatif *i* lebih penting dibanding alternatif *j*

7 = Apabila alternatif *i* sangat penting dibanding alternatif *j*

9 = Apabila alternatif *i* mutlak penting dibanding alternatif *j*

2,4,6,8 = nilai diantara dua penilaian yang berdekatan

2. Mentransformasi nilai MPR menjadi FPR

Nilai MPR memiliki nilai skala  $[\frac{1}{9}, 9]$  sedangkan nilai FPR  $[0,1]$ . Nilai pada FPR menunjukkan:

- a.  $P_{ij} = 0.5$ , Tidak ada perbedaan antara alternatif *i* dan alternatif *j*
- b.  $0.5 \leq P_{ij} \leq 1$ , Bila alternatif *i* lebih dipilih atau diinginkan dibandingkan alternatif *j*
- c.  $P_{ij} = 1$ , Bila alternatif *i* pasti dipilih atau diinginkan dibandingkan alternatif *j*
- d.  $0 \leq P_{ij} \leq 0.5$ , Bila alternatif *i* lebih tidak dipilih atau tidak diinginkan dibandingkan alternatif *j*
- e.  $P_{ij} = 0$ , Bila alternatif *i* pasti tidak dipilih atau tidak diinginkan dibandingkan alternatif *j*

Apabila terdapat sekelompok alternatif  $X (x_1, x_2, \dots, x_n)$  pada MPR  $A = (a_{ij})$ , dimana  $a_{ij} \in [\frac{1}{9}, 9]$ ; dan FPR  $P = (p_{ij})$ , dimana  $p_{ij} \in [0,1]$  maka untuk mentransformasi nilai MPR menjadi FPR dengan penambah faktor konsistensi dapat menggunakan rumus (2.9)

$$p_{ij} = g(a_{ij}) = \frac{1}{2}x (1 + \log_9 a_{ij}) \quad (2.9)$$

3. Membangun matrix opini setiap expert

Hasil dari penyebaran kuesioner diolah disusun pada matrix Tabel 2.11

Tabel 2.11 Contoh Tabel Matrix Opini untuk Setiap *Expert* (Herowati et al, 2015)

| Alternatif | X1  | X2  | X3  | X4  |
|------------|-----|-----|-----|-----|
| X1         | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| X2         | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.7 |
| X3         | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.7 |
| X4         | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.5 |

4. Mengembangkan nilai estimasi dengan menggunakan salah satu rumus berikut:

$$\varepsilon p_{ik}^{j1} = p_{ij} + p_{jk} - \frac{1}{2}, \quad j \neq i, k \quad (2.10)$$

$$\varepsilon p_{ik}^{j2} = p_{jk} + p_{ji} - \frac{1}{2}, \quad j \neq i, k \quad (2.11)$$

$$\varepsilon p_{ik}^{j3} = p_{ij} + p_{kj} - \frac{1}{2}, \quad j \neq i, k \quad (2.12)$$

5. Mengubah nilai estimasi apabila melebihi batasan  $[0,1]$  dengan menggunakan rumus:

$$f(x) = \frac{x+a}{1+2a} \quad (2.13)$$

6. Menghitung nilai CWS index

$$\text{CWS - index} = \frac{\text{tingkat diskriminasi}}{\text{tingkat tidak konsisten}} \quad (2.14)$$

$$\text{Diskriminasi} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n r(Mj - GM)^2}{n-1}} \quad (2.15)$$

$$\text{Tingkat tidak konsisten} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=j}^r (Mij - Mj)^2}{n(r-1)}} \quad (2.16)$$

Dimana:

r = jumlah replikasi

Mj = rata-rata dari nilai individu untuk kasus (j)

GM = Grand mean dari keseluruhan penilaian individu

N = Jumlah kasus yang berbeda

Mij = Nilai individu pada replikasi (i) dan kasus (j)

7. Menentukan *expertise based ranking of expert* berdasarkan nilai CWS – index. Semakin tinggi nilai CWS maka semakin tinggi menempati posisi atas. Contoh hasil *Expertise based ranking of experts* ini adalah pada Tabel 2.12

Tabel 2.12 Contoh Hasil *Expertise Based Ranking of Experts* (Herowati et al, 2015)

|                       | <i>Experts 1</i> | <i>Experts 2</i> | <i>Experts 3</i> | <i>Experts 4</i> | <i>xperts 5</i> |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| <i>Discrimination</i> | 0.05333          | 0.04591          | 0.144808         | 0.09186          | 0.09118         |
| <i>Inconsistency</i>  | 0.01389          | 0.00208          | 0.002778         | 0.03906          | 0.00486         |
| <i>CWS-Index</i>      | 3.840            | 22.039           | 52.127           | 2.351            | 18.757          |
| <i>Rank</i>           | 4                | 2                | 1                | 5                | 3               |

## 2.6 Posisi Penelitian

Penelitian ini menempati dua posisi. Posisi yang pertama adalah mengaplikasikan metode integrasi dari *lean* dan *green* yang dikembangkan oleh Hartini et al (2016) yang disebut dengan *Life Cycle Value Stream Mapping* (LC-VSM). Hal ini disebabkan oleh LC-VSM belum diterapkan pada perusahaan sehingga belum diketahui tingkat *applicative* LC-VSM ketika diterapkan pada perusahaan. LC-VSM berusaha untuk mengurangi keterbatasan penelitian terdahulu yaitu masih belum ada penelitian yang mampu mengukur performansi suatu sistem secara menyeluruh. Pada LC-VSM performansi yang diukur mencakup aspek *triple bottom line* (ekonomi, sosial, dan lingkungan) dan pada seluruh tahapan siklus hidup produk (pra manufaktur, manufaktur, distribusi, konsumen, dan *end of life*).

Posisi yang kedua adalah penelitian ini bermaksud untuk menguji *applicability* dari LC-VSM. Saat ini masih belum ada pengukuran *applicability* pada metode LC-VSM. Pada umumnya pengukuran *applicability* dari beberapa metode integrasi *lean* dan *green* dilakukan hanya sebatas pada teori. Masih belum ada pengukuran *applicability* secara empiris bagaimana kemampuan metode yang dikembangkan ketika diterapkan pada lapangan. Faulkner & Badurdeen (2014) mengembangkan sebuah metode yang disebut dengan *sustainable value stream mapping* (Sus-VSM) dengan mempertimbangkan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi pada tahap manufaktur. Sus-VSM telah divalidasi oleh Brown et al (2014) dan dilakukan pengukuran *applicability* sebatas pengukuran kesesuaian dan hambatan dalam penerapan di tiga konfigurasi sistem industri yang berbeda. Sedangkan pada penelitian ini akan mengukur *applicability* metode LC-VSM dengan menyebarkan kuesioner *applicability* di beberapa perusahaan di Indonesia.

Kuesioner ini mengacu pada kuesioner utama yaitu *USE questionnaire* yang terdiri dari 4 kriteria utama yaitu *usefulness*, *ease to use*, *ease to learn*, dan *satisfaction*. Kuesioner dinilai oleh evaluator yang *expert* di setiap perusahaan. Para evaluator akan dievaluasi dengan menggunakan *Expertise based ranking of experts* yang dikembangkan oleh Herowati (2014) untuk mengetahui tingkat konsistensi dan diskriminasi melalui *CWS index*. Evaluator yang memiliki urutan tertinggi pada setiap perusahaan akan dipilih sebagai *expert* untuk mengisi kuesioner *applicability*.

Hasil dari *applicability* akan digunakan sebagai landasan dalam menyusun rekomendasi perbaikan penerapan LC-VSM. Hal ini bertujuan untuk memudahkan para pengguna dalam menerapkan LC-VSM di perusahaan. Posisi penelitian saat ini dapat dilihat pada Tabel 2.15. Apabila LC-VSM terbukti *applicable* maka akan dikembangkan sebuah strategi untuk memudahkan para praktisi dalam menggunakan LC-VSM.

Tabel 2.13 Posisi Penelitian

| Peneliti (Tahun)                      | Faulkner & Badurdeen (2014)   | Brown et al (2014)  | Marimin et al (2014)  | Vinodh et al (2016)   | Busri, Nur Khaerani (2016)   | Hartini (2016)  | Disertasi Hartini (2017)  | Penelitian Sekarang (2017)  |
|---------------------------------------|---|---|---|---|--|---|---|---|
| Judul                                 | <i>Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance</i> | <i>Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies</i>                      | <i>Supply chain analysis for green productivity improvement in the natural rubber supply chain: a case study</i>          | <i>Life Cycle Assesment Integrated Value Stream Mapping framework to ensure sustainable manufacturing: a case study</i> | <i>Integrasi Life Cycle Assesment dan Goal programming dalam analisis kebijakan produksi berbasis green manufakcuring</i>                  | <i>Introduction Life Cycle And Value Stream Mapping To Enhance Total Sustainability</i>   | Model Pengukuran Sustainability berbasis lean dan green untuk perusahaan manufaktur   | <i>Life Cycle Value Stream Mapping (LC-VSM): Kajian Penyusunan Sistem Manajemen Penerapan LC-VSM</i>  |
| Obyek Penelitian                      | Satellite TV Dishes   | Stellite TV Dishes, Dispencer Cathode Assembly, Mortar Fin  | Karet   | Komponen otomotif   | Pakan ternak   | Botol   | -   | Aki Air Minum Dalam Kemasan   |
| Tujuan                                | Mengembangkan sus-VSM yang mempertimbangkan seluruh aspek <i>sustainability</i> pada tahap manufactur (proses produksi)         | Mengaplikasikan Sus-VSM pada beberapa industri manufactur di US sehingga dapat diidentifikasi kesesuaian dan hambatan dalam menerapkan tools ini. | Memetakan dan menganalisis tingkat green <i>productivity</i> dari <i>supply chain natural rubber</i> (karet) di Indonesia | Mengintegrasikan LCA dan VSM sehingga mencapai <i>sustainable manufacturing</i>   | Mengidentifikasi dampak lingkungan dan membuat model optimasi pada proses produksi dengan mempertimbangkan kriteria lingkungan dan ekonomi | Mengembangkan LC-VSM yang mempertimbangkan seluruh aspek <i>sustainability</i> pada seluruh tahap siklus hidup produk serta membangun index <i>sustainability</i> manufactur. | Mengembangkan LC-VSM yang mempertimbangkan seluruh aspek <i>sustainability</i> pada seluruh tahap siklus hidup produk serta membangun index <i>sustainability</i> manufactur. | Mengaplikasikan LC-VSM pada beberapa manufactur di Indonesia, mengevaluasi <i>applicability</i> dalam menerapkan LC-VSM, dan menyusun sistem manajemen penerapan LC-VSM bagi perusahaan manufactur di Indonesia |
| Tahapan Siklus Hidup yang Diteliti    | Manufactur  | Manufaktur  | Pra manufactur dan Manufaktur   | Manufaktur  | Manufaktur   | Seluruh siklus hidup produk   | Seluruh siklus hidup produk   | Seluruh siklus hidup produk   |
| Aspek yang Diteliti                   |   |   |   |   |  |   |   |   |
| Ekonomi                               | Waktu   | V   | V   | V   | V  | V   | V   | V   |
|                                       | Kualitas  |   |   |   |  |   | V   | V   |
|                                       | Biaya   |   |   | V   |  | V   | V   | V   |
|                                       | Persediaan  |   |   |   |  |   | V   | V   |
| Lingkungan                            | Energi  | V   | V   | V   | V  | V   | V   | V   |
|                                       | Air   | V   | V   | V   | V  |   | V   | V   |
|                                       | Material  | V   | V   | V   | V  | V   | V   | V   |
|                                       | Emisi   |   |   |   |  |   | V   | V   |
|                                       | Dampak  |   |   | V   |  | V   |   |   |
|                                       | Tanah   |   |   |   |  |   | V   | V   |
| Sosial                                | Beban kerja   | V   | V   | V   | V  | V   |   |   |
|                                       | Lingkungan kerja  | V   | V   | V   | V  | V   |   |   |
|                                       | Kepuasan  |   |   |   |  |   | V   | V   |
|                                       | Kesehatan   |   |   |   |  |   | V   | V   |
|                                       | Keselamatan   |   |   |   |  |   | V   | V   |
|                                       | Pengembangan Diri   |   |   |   |  |   | V   | V   |
| Metode Pengukuran Sustainability      | Sus-VSM   | Sus-VSM   | VSM   | VSM dan LCA   | LCA  | LC-VSM  | LC-VSM  | LC-VSM  |
| Ketersediaan Studi Kasus              | V   | V   | V   | V   | V  | V   | -   | V   |
| Penilaian <i>Applicability</i>        | -   | V   | -   | -   | -  | -   | -   | V   |
| Metode Penilaian <i>Applicability</i> |   | Pengamatan Lapangan (3 studi kasus)   |   |   |  |   |   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Pengamatan Lapangan (3 studi kasus)</li><li>• Pengembangan dan penyebaran Kuesioner <i>Applicability</i></li><li>• <i>Expertise based ranking of experts</i></li></ul>  |

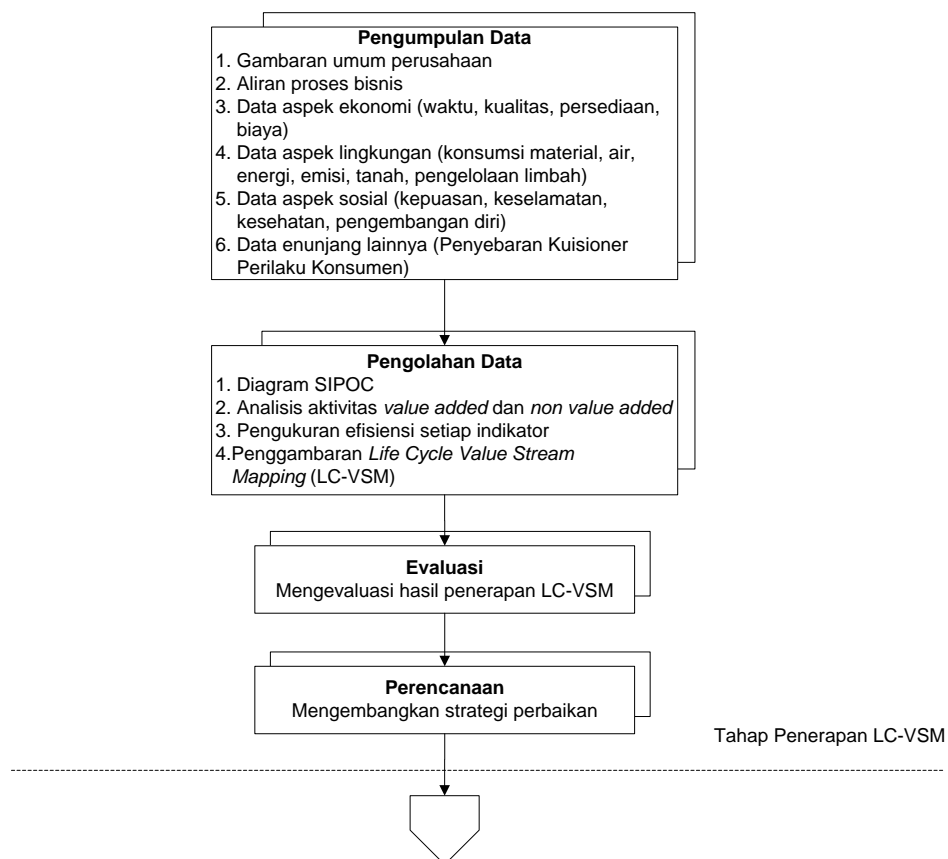
(halaman ini sengaja dikosongkan)



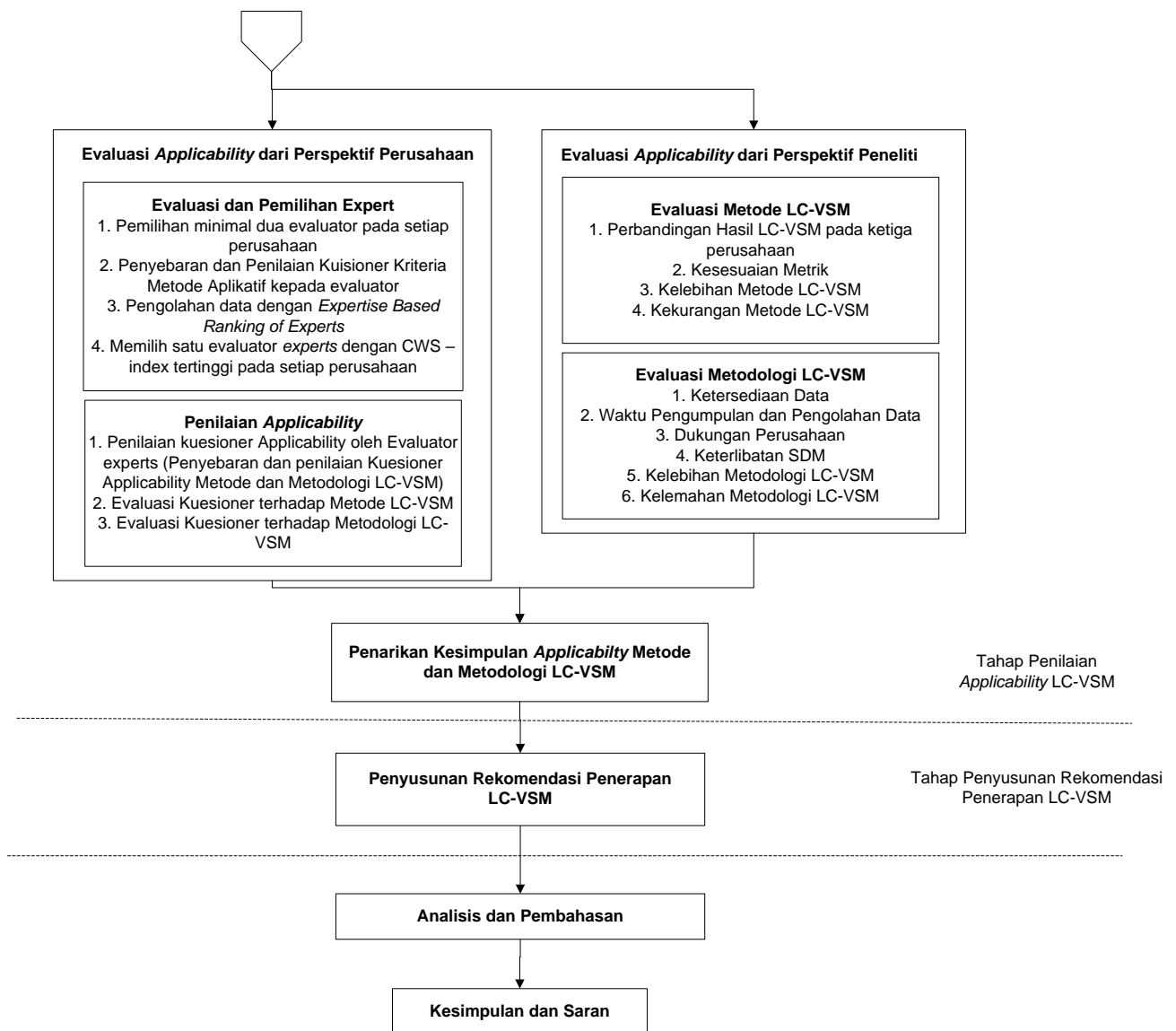
### BAB 3

## METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menjawab tujuan penelitian ini maka metodologi pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1. Langkah-langkah penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap penerapan LC-VSM, tahap penilaian *applicability* metode LC-VSM, dan tahap perancangan sistem penerapan LC-VSM. Tahap penerapan LC-VSM diawali dengan proses pengumpulan data, pengolahan data, evaluasi dan perencanaan. Tahap penilaian *applicability* metode LC-VSM dilakukan dengan mengukur *applicability* perspektif pengguna (perusahaan) dan dari perspektif peneliti. Tahap perancangan sistem penerapan LC-VSM dilakukan dengan membangun manajemen sistem penerapan dan SOP.



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Lanjutan Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

### 3.1 Tahapan Penelitian

#### 3.1.1 Tahap Penerapan LC-VSM pada Beberapa Perusahaan Manufaktur di Indonesia

Pada tahapan ini akan dijelaskan beberapa langkah dalam menerapkan metode LC-VSM pada beberapa perusahaan manufaktur di Indonesia. Pada tahap ini terdiri dari proses pengumpulan data, pengolahan data, evaluasi, dan perencanaan perbaikan.

## A. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini digunakan beberapa aspek yang terkait dengan *sustainability* yaitu aspek ekonomi, lingkungan dan sosial. Sedangkan indikator pada masing-masing aspek tersebut adalah waktu terkait *lead time*, tingkat inventory, kualitas, dan biaya yang dikeluarkan sepanjang siklus hidup produk untuk aspek ekonomi. Konsumsi material, energi, air, tanah, emisi, dan pengelolaan limbah untuk aspek lingkungan. Kepuasan, keselamatan, kesehatan, dan pengembangan diri pada setiap tahapan siklus hidup untuk aspek sosial.

Pada tahap pengumpulan data, peneliti mengumpulkan data secara langsung dan tidak langsung. Data langsung merupakan data yang dikumpulkan secara langsung pada lapangan. Data yang dibutuhkan antara lain adalah gambaran umum perusahaan, aliran proses bisnis, aliran input dan output proses, kebijakan perusahaan, waktu yang terkait proses produksi, jumlah konsumsi air, jumlah konsumsi material, konsumsi energi, dan data lainnya pada setiap tahapan siklus hidup produk. Metode yang digunakan dalam pengumpulan data langsung adalah sebagai berikut:

- 1) *Interview*, yaitu suatu metode yang digunakan dalam mendapatkan data dengan jalan mengajukan pertanyaan secara langsung kepada pakar yang terkait untuk memperoleh informasi seperti gambaran umum perusahaan, aliran proses bisnis, aliran input dan output proses produksi untuk membangun diagram SIPOC, kebijakan perusahaan, serta berbagai informasi yang dibutuhkan lainnya pada setiap tahapan siklus hidup produk.
- 2) *Observasi*, yaitu suatu metode dalam memperoleh data dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap keadaan yang sebenarnya pada perusahaan seperti pengukuran waktu operasional, konsumsi material, konsumsi air, konsumsi energi, dan limbah pada setiap tahapan siklus hidup produk
- 3) *Kuesioner*, yaitu dengan mengajukan daftar pertanyaan tertulis yang akan diisi oleh responden. Data yang dikumpulkan dengan menggunakan kuesioner adalah informasi terkait perilaku konsumen dalam mengkonsumsi produk serta kuesioner untuk pengukuran *applicability* metode dan metodologi LC-VSM.

Sedangkan data tidak langsung adalah data yang dikumpulkan dengan menggunakan data sekunder atau data yang sudah dikumpulkan sebelumnya oleh pihak perusahaan. Data tidak langsung yang dikumpulkan adalah data biaya, jumlah inventori, dan data terkait kualitas seperti jumlah cacat produk untuk aspek ekonomi. Data tanah dan pengelolaan limbah untuk aspek lingkungan. Data terkait kepuasan (pegawai yang *resign*), data kesehatan pekerja (pegawai yang ijin sakit), data keselamatan (pegawai yang mengalami kecelakaan), dan data pengembangan diri pekerja (pegawai yang mendapatkan training) untuk aspek sosial. Aspek, indikator, metrik, dan metode pengumpulan data pada setiap tahapan siklus produk yang digunakan dalam LC-VSM dapat dilihat pada Tabel 3.1 hingga Tabel 3.5. Metode pengumpulan data dapat berubah karena disesuaikan dengan kondisi dari perusahaan.

## **B. Pengolahan Data**

Setelah data dikumpulkan, maka data diolah menjadi informasi yang memberi nilai tambah. Tahapan awal dalam pengolahan data adalah melakukan analisis yang menyeluruh pada proses bisnis dari beberapa perusahaan yang diteliti dengan menggunakan diagram SIPOC. Pada diagram ini, input diidentifikasi secara detail mulai dari bahan baku utama untuk membuat produk, berbagai jenis energi yang dibutuhkan untuk menjalankan proses produksi, kebutuhan air, serta kebutuhan input lain yang dibutuhkan sesuai dengan aspek *sustainability manufacture*. Selain hal tersebut pada diagram ini, output yang dihasilkan dari proses produksi akan diidentifikasi secara detail mulai dari output utama dari proses produksi, jenis emisi yang dihasilkan dari proses produksi, serta berbagai output yang dihasilkan lainnya yang sesuai dengan aspek *sustainability manufactur*.

Dari hasil diagram SIPOC maka akan dilakukan pengukuran dan identifikasi aktivitas *value added* dan *non value added* pada setiap metrik yang telah dikumpulkan datanya pada setiap tahap siklus produk. Dari hasil pengukuran maka akan dihitung nilai efisiensi pada setiap indikator. Pengukuran efisiensi pada setiap indikator dapat dilihat pada Tabel 2.4 hingga 2.8. Hasil akhir dari

keseluruhan pengukuran yang telah dilakukan adalah memvisualisasikan sistem saat ini pada peta *current life cycle value stream mapping*.

### **C. Tahap Evaluasi**

Pada tahap evaluasi, proses penelitian yang dilakukan adalah memeriksa kondisi sistem saat ini yang telah digambarkan pada *current life cycle value stream mapping*. Pada tahap ini akan diidentifikasi proses atau bagian dari sistem yang kurang efisien dan berpotensi untuk diperbaiki untuk menghasilkan sistem yang lebih *sustainable* dari segi ekonomi, lingkungan, dan sosial.

### **D. Tahap Perencanaan Perbaikan**

Dari hasil evaluasi yang telah dilakukan sebelumnya, proses atau bagian sistem yang diidentifikasi kurang efisien dan berpotensi untuk diperbaiki akan dilakukan perancangan strategi perbaikan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan performansi *sustainability* produk sepanjang *life cycle* produk

Tabel 3.1 Aspek, Indikator, Metrik dan Teknik Pengumpulan Data pada Tahap Pra Manufaktur

| TAHAP PRA MANUFAKTUR |                    |   |  |   |
|----------------------|--------------------|---|--|---|
| Aspek                | Indikator          | Keterangan  | Metrik   | Teknik Pengumpulan Data   |
| Ekonomi              | Waktu (Lead Time)  | Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan material untuk proses produksi | LT = Waktu pengiriman barang dari supplier + waktu penyimpanan dalam gudang  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Waktu pengiriman barang = wawancara dan pengukuran</li> <li>Waktu penyimpanan dalam gudang = Data sekunder</li> </ul>  |
|                      | Tingkat Inventory  | Jumlah persediaan yang dimiliki   | Inventory = jumlah barang datang – jumlah barang keluar (untuk proses dan rusak karena penyimpanannya)   | Data Sekunder   |
|                      | Kualitas           | Jumlah material dari supplier yang sesuai dengan spesifikasi                    | Kualitas = material sesuai spesifikasi – material rusak dari supplier  | Data Sekunder   |
|                      | Biaya              | Biaya yang dikeluarkan pada proses persiapan bahan baku                         | Biaya = Biaya pesan + biaya simpan   | Data sekunder   |
| Lingkungan           | Konsumsi Material  | Jumlah material yang dikonsumsi pada saat penyimpanan dan persiapan material    | Material = Jumlah material awal – jumlah material akhir yang siap untuk di proses  | Pengukuran langsung   |
|                      | Konsumsi Air       | Jumlah air yang dikonsumsi pada saat penyimpanan dan persiapan material         | Air = Jumlah air awal – jumlah air akhir yang siap untuk di proses   | Pengukuran langsung   |
|                      | Konsumsi Energi    | Jumlah energi yang dikonsumsi pada penyimpanan dan persiapan material           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Energi listrik = waktu penggunaan alat yang membutuhkan energi x daya alat (kwh)</li> <li>Bahan Bakar = Jarak yang ditempuh alat x bahan bakar yang dibutuhkan setiap km yang ditempuh</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Waktu penggunaan alat = Pengukuran langsung</li> <li>Daya alat = Data sekunder</li> <li>Jarak = Data sekunder</li> <li>Bahan bakar yang dibutuhkan = Pengukuran</li> </ul> |
|                      | Emisi              | Jumlah emisi yang dihasilkan  | Emisi = Jumlah energi x faktor emisi   | Pengukuran dan data sekunder  |
|                      | Pengelolaan Limbah | Jumlah limbah yang diolah   | Limbah = limbah yang dihasilkan – limbah yang diolah   | Data sekunder   |
|                      | Tanah              | Jumlah konsumsi tanah selama proses penyimpanan dan persiapan material          | Tanah = panjang x lebar  | Pengukuran langsung dan data sekunder   |
| Sosial               | Kepuasan           | Jumlah pegawai gudang yang loyal  | Kepuasan = jumlah pekerja – pekerja resign   | Data sekunder   |
|                      | Keselamatan        | Jumlah pekerja gudang yang mengalami kecelakaan kerja                           | Keselamatan = jumlah pekerja – pekerja kecelakaan  | Data sekunder   |
|                      | Kesehatan          | Jumlah pekerja gudang yang ijin sakit   | Kesehatan = jumlah pekerja – pekerja ijin sakit  | Data sekunder   |
|                      | Pengembangan Diri  | Jumlah training pada pekerja gudang   | Pengembangan diri = total pekerja – pekerja training   | Data sekunder   |

Tabel 3.2 Aspek, Indikator, Metrik dan Teknik Pengumpulan Data pada Tahap Manufaktur

| TAHAP MANUFAKTUR |                    |   |  |   |
|------------------|--------------------|---|--|---|
| Aspek            | Indikator          | Keterangan  | Metrik   | Teknik Pengumpulan Data   |
| Ekonomi          | Waktu (Lead Time)  | Waktu yang dibutuhkan untuk proses produksi mulai dari awal bahan baku hingga menjadi produk jadi | LT = waktu operasi + waktu perpindahan material + waktu inventory produk jadi  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Waktu operasi dan perpindahan material = STS</li> <li>Waktu inventori = Data sekunder</li> </ul>   |
|                  | Biaya              | Biaya produksi  | Biaya produksi = biaya tenaga kerja + biaya material + biaya energi + biaya air + dan biaya lainnya  | Data sekunder   |
|                  | Tingkat Inventory  | Jumlah WIP  | WIP = material masuk - WIP   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Data sekunder</li> </ul>   |
|                  | Kualitas           | Jumlah produk yang sesuai spec  | Kualitas = produk jadi – produk cacat  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Data sekunder</li> </ul>   |
| Lingkungan       | Konsumsi Material  | Jumlah material yang dikonsumsi pada proses produksi  | Material = Jumlah material awal – jumlah material akhir setelah proses   | Pengukuran langsung   |
|                  | Konsumsi Air       | Jumlah air yang dikonsumsi pada proses produksi   | Air = Jumlah air awal – jumlah air akhir setelah proses  | Pengukuran langsung   |
|                  | Konsumsi Energi    | Jumlah energi yang dikonsumsi pada proses produksi  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Energi listrik = waktu penggunaan alat yang membutuhkan energi x daya alat (kwh)</li> <li>Bahan Bakar = Jarak yang ditempuh alat x bahan bakar yang dibutuhkan setiap km yang ditempuh</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Waktu penggunaan alat = STS</li> <li>Daya alat = Data sekunder</li> <li>Jarak = Data sekunder</li> <li>Bahan bakar yang dibutuhkan = wawancara dan pengukuran</li> </ul> |
|                  | Pengelolaan Limbah | Jumlah limbah yang diolah   | Limbah = limbah yang dihasilkan – limbah yang diolah   | Data sekunder   |
|                  | Tanah              | Jumlah konsumsi tanah selama proses produksi  | Tanah = panjang x lebar  | Pengukuran langsung dan data sekunder   |
| Sosial           | Kepuasan           | Jumlah pekerja produksi yang loyal  | Kepuasan = jumlah pekerja – pekerja resign   | Data sekunder   |
|                  | Keselamatan        | Jumlah pekerja produksi yang mengalami kecelakaan kerja   | Keselamatan = jumlah pekerja – pekerja kecelakaan  | Data sekunder   |
|                  | Kesehatan          | Jumlah pekerja produksi yang ijin sakit   | Kesehatan = jumlah pekerja – pekerja ijin sakit  | Data sekunder   |
|                  | Pengembangan Diri  | Jumlah training pada pekerja produksi   | Pengembangan diri = total pekerja – pekerja training   | Data sekunder   |

Tabel 3.3 Aspek, Indikator, Metrik dan Teknik Pengumpulan Data pada Tahap Distribusi

| TAHAP DISTRIBUSI |                    |   |  |   |
|------------------|--------------------|---|--|---|
| Aspek            | Indikator          | Keterangan  | Metrik   | Teknik Pengumpulan Data   |
| Ekonomi          | Waktu (Lead Time)  | Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk proses pengiriman dari pabrik menuju distributor dan waktu penyimpanan dalam distributor | LT = Waktu pengiriman barang dari pabrik + waktu penyimpanan dalam gudang distributor  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Waktu pengiriman barang = wawancara dan pengukuran</li> <li>Waktu penyimpanan dalam gudang = Data sekunder pembelian ulang dari distributor</li> </ul>   |
|                  | Biaya              | Biaya distribusi  | Biaya distribusi = biaya tenaga kerja + biaya bahan bakar  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Data sekunder</li> </ul>   |
|                  | Tingkat Inventory  | Jumlah produk yang terdistribusi  | Inventory = jumlah produksi – jumlah tersimpan   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Data sekunder</li> </ul>   |
|                  | Kualitas           | Jumlah produk yang sesuai spec  | Kualitas = produk terdistribusi – produk cacat   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Data sekunder</li> </ul>   |
| Lingkungan       | Konsumsi Material  | Jumlah material yang dikonsumsi pada proses distribusi dan pada distributor   | Material = Jumlah material awal – jumlah material akhir pada distributor   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pengukuran langsung</li> <li>Data sekunder</li> </ul>  |
|                  | Konsumsi Air       | Jumlah air yang dikonsumsi pada proses distribusi dan pada distributor  | Air = Jumlah air awal – jumlah air akhir pada distributor  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pengukuran langsung</li> <li>Data sekunder</li> </ul>  |
|                  | Konsumsi Energi    | Jumlah energi yang dikonsumsi pada proses distribusi dan pada distributor   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Energi listrik = waktu penggunaan alat yang membutuhkan energi x daya alat (kwh)</li> <li>Bahan Bakar = Jarak yang ditempuh alat x bahan bakar yang dibutuhkan setiap km yang ditempuh</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Waktu penggunaan alat = STS</li> <li>Daya alat = Data sekunder</li> <li>Jarak = Data sekunder</li> <li>Bahan bakar = wawancara dan pengukuran</li> </ul> |
|                  | Pengelolaan Limbah | Jumlah limbah yang diolah   | Limbah = limbah yang dihasilkan – limbah yang diolah   | Data sekunder   |
|                  | Tanah              | Jumlah konsumsi tanah selama proses produksi  | Tanah = panjang x lebar  | Pengukuran langsung dan data sekunder   |
| Sosial           | Kepuasan           | Jumlah pekerja distribusi yang loyal  | Kepuasan = jumlah pekerja – pekerja resign   | Data sekunder   |
|                  | Keselamatan        | Jumlah pekerja distribusi yang mengalami kecelakaan kerja   | Keselamatan = jumlah pekerja – pekerja kecelakaan  | Data sekunder   |
|                  | Kesehatan          | Jumlah pekerja distribusi yang ijin sakit   | Kesehatan = jumlah pekerja – pekerja ijin sakit  | Data sekunder   |
|                  | Pengembangan Diri  | Jumlah training pada pekerja distribusi   | Pengembangan diri = total pekerja – pekerja training   | Data sekunder   |



Tabel 3.4 Aspek, Indikator, Metrik dan Teknik Pengumpulan Data pada Tahap Konsumsi

| TAHAP KONSUMSI |                    |   |  |  |
|----------------|--------------------|---|--|--|
| Aspek          | Indikator          | Keterangan  | Metrik   | Teknik Pengumpulan Data  |
| Ekonomi        | Waktu (Lead Time)  | Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk pembelian produk (transportasi) dan lama konsumsi produk | LT = Waktu lama pembelian (transportasi) + waktu konsumsi  | Kusioner   |
|                | Biaya              | Biaya perawatan selama mengkonsumsi   | Biaya = biaya perawatan  | Data sekunder  |
|                | Kualitas           | Tingkat kerusakan produk  | Kualitas = jumlah complaint  | Data sekunder  |
| Lingkungan     | Konsumsi Material  | Jumlah material yang dikonsumsi pada proses konsumsi  | Kebutuhan material aktual  | kusioner   |
|                | Konsumsi Air       | Jumlah air yang dikonsumsi pada proses konsumsi   | Kebutuhan air aktual   | kusioner   |
|                | Konsumsi Energi    | Jumlah energi yang dikonsumsi pada proses konsumsi  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Energi listrik = waktu penggunaan alat yang membutuhkan energi x daya alat (kwh)</li> <li>Bahan Bakar = Jarak yang ditempuh alat x bahan bakar yang dibutuhkan setiap km yang ditempuh</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kusioner</li> <li>Waktu penggunaan alat = STS</li> <li>Daya alat = Data sekunder</li> <li>Jarak = Data sekunder</li> <li>Bahan bakar yang dibutuhkan = Data sekunder</li> </ul> |
|                | Pengelolaan Limbah | Jumlah limbah yang diolah   | Limbah = limbah yang dihasilkan – limbah yang diolah   | Data sekunder  |
|                | Tanah              | Jumlah konsumsi tanah   | Tanah = panjang x lebar  | Pengukuran langsung dan data sekunder  |
| Sosial         | Kepuasan           | Tingkat penyaluran CSR  | Kepuasan = jumlah dana CSR   | Data sekunder  |
|                | Keselamatan        | Jumlah konsumen yang sehat  | Keselamatan = jumlah konsumen yang sakit akibat produk   | Data sekunder  |
|                | Kesehatan          | Potensi material berbahaya  | Kesehatan = jumlah material berbahaya  | Data sekunder  |
|                | Pengembangan Diri  | Knowledge sharing kepada konsumen   | Pengembangan diri = jumlah aktivitas knowledge sharing   | Data sekunder  |

Tabel 3.5 Aspek, Indikator, Metrik dan Teknik Pengumpulan Data pada Tahap Pasca Konsumsi (*End Of Life*) Produk

| TAHAP END OF LIFE |                    |   |  |   |
|-------------------|--------------------|---|--|---|
| Aspek             | Indikator          | Keterangan  | Metrik   | Teknik Pengumpulan Data   |
| Ekonomi           | Waktu (Lead Time)  | Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk proses <i>renewable</i>      | LT = Waktu proses pengembalian + waktu pengolah produk (6R)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Waktu pengembalian produk = Data sekunder</li> <li>Waktu pengolahan produk = STS</li> </ul>  |
|                   | Biaya              | Biaya <i>renewable</i>  | Biaya <i>renewable</i> = biaya tenaga kerja + biaya material + biaya energi + biaya air + dan biaya lainnya  | Data sekunder   |
|                   | Tingkat Inventory  | Jumlah produk yang <i>renewable</i>                             | Inventory = total produk – produk <i>renewable</i>   | Data sekunder   |
|                   | Kualitas           | Jumlah produk <i>renewable</i> yang sesuai spec                 | Kualitas = produk jadi <i>renewable</i> – produk cacat   | Data sekunder   |
| Lingkungan        | Konsumsi Material  | Jumlah material yang dikonsumsi pada proses <i>renewable</i>    | Material (6R) = Jumlah material awal – jumlah material akhir setelah proses pengolahan produk  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pengukuran langsung</li> <li>Data sekunder</li> </ul>  |
|                   | Konsumsi Air       | Jumlah air yang dikonsumsi proses <i>renewable</i>              | Air (6R) = Jumlah air awal – jumlah air akhir setelah proses pengolahan produk   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pengukuran langsung</li> <li>Data sekunder</li> </ul>  |
|                   | Konsumsi Energi    | Jumlah energi yang dikonsumsi pada proses <i>renewable</i>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Energi listrik = waktu penggunaan alat yang membutuhkan energi x daya alat (kwh)</li> <li>Bahan Bakar = Jarak yang ditempuh alat x bahan bakar yang dibutuhkan setiap km yang ditempuh</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Waktu penggunaan alat = STS</li> <li>Daya alat = Data sekunder</li> <li>Jarak = Data sekunder</li> <li>Bahan bakar yang dibutuhkan = wawancara dan pengukuran</li> </ul> |
|                   | Pengelolaan Limbah | Jumlah limbah yang dibuang dari proses <i>renewable</i>         | Limbah = limbah yang dihasilkan – limbah yang diolah   | Data sekunder   |
|                   | Tanah              | Jumlah konsumsi tanah selama proses <i>renewable</i>            | Tanah = panjang x lebar  | Pengukuran langsung dan data sekunder   |
| Sosial            | Kepuasan           | Jumlah pekerja <i>renewable</i> yang loyal                      | Kepuasan = jumlah pekerja – pekerja resign   | Data sekunder   |
|                   | Keselamatan        | Jumlah pekerja <i>renewable</i> yang mengalami kecelakaan kerja | Keselamatan = jumlah pekerja – pekerja kecelakaan  | Data sekunder   |
|                   | Kesehatan          | Jumlah pekerja <i>renewable</i> yang ijin sakit                 | Kesehatan = jumlah pekerja – pekerja ijin sakit  | Data sekunder   |
|                   | Pengembangan Diri  | Jumlah training pada pekerja <i>renewable</i>                   | Pengembangan diri = total pekerja – pekerja training   | Data sekunder   |

### 3.1.2 Evaluasi *Applicability* Metode LC-VSM

Gambar 3.2 merupakan tahapan pada evaluasi *applicability*. Evaluasi *applicability* metode dan metodologi LC-VSM terdiri dari 2 tahap utama yaitu:

A. Evaluasi *applicability* metode dan metodologi LC-VSM dari perspektif peneliti

Kompilasi kesesuaian dan kesulitan / hambatan yang dialami peneliti dalam penerapan LC-VSM. Analisis kesesuaian dan hambatan yang dihadapi dalam menerapkan *life cycle value stream mapping* dengan mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Brown et al (2014). Kesesuaian dan hambatan yang diidentifikasi adalah sebagai berikut:

- 1) Tantangan yang dihadapi dalam penerapan metode dan metodologi LC-VSM
- 2) Relevansi dari metrik yang digunakan pada metode dan metodologi LC-VSM
- 3) Kunci pembelajaran yang didapatkan dari penerapan metode

Untuk memudahkan dalam mengidentifikasi kesesuaian dan hambatan maka pada penelitian ini menggunakan kuesioner untuk mengetahui kesesuaian dan hambatan pada setiap perusahaan yang diamati. Kuesioner dapat dilihat pada Lampiran 3. Dari hasil kuesioner pada Lampiran 3 maka proses pengumpulan data akan dianalisis menggunakan persentase berdasarkan aspek ketersediaan data, waktu pengumpulan data, dan dukungan perusahaan pada setiap tahap dan setiap tipe perusahaan.

B. Penilaian *applicability* metode dan metodologi LC-VSM dari perspektif pengguna (perusahaan)

1. Evaluasi dan pemilihan evaluator menggunakan *expertise based ranking of experts*. Adanya keterbatasan pada jumlah evaluator (responden) pada penelitian ini maka dibutuhkan suatu metode untuk mengukur kevalidan jawaban evaluator. Pada penelitian ini untuk memvalidasi jawaban evaluator pada kuesioner *applicability* maka dilakukan evaluasi pada evaluator dengan menggunakan *expertise based ranking of experts*. Dari hasil pengukuran menggunakan *expertise based ranking of experts* yang dikembangkan oleh

Herowati (2015) dapat diketahui perbandingan nilai tingkat konsistensi dan diskriminasi dengan menggunakan CWS-index. Semakin tinggi nilai CWS-Index maka suatu evaluator semakin baik (*experts*). Suatu keputusan yang dibuat oleh para *expert* diduga lebih baik dibandingkan dibuat oleh para *non – expert*, hal ini disebabkan oleh para *expert* memiliki kemampuan berfikir yang berbeda dan mampu memahami suatu permasalahan lebih detail dan dalam (Herowati et al, 2014). Suatu evaluator dianggap *expert* apabila memiliki kemampuan dalam menilai suatu kasus secara konsisten dan diskriminan (Herowati et al, 2014). Proses evaluasi evaluator adalah:

- a) Memilih minimal dua responden/evaluator pada setiap perusahaan yang memiliki posisi strategis mulai dari pemilik hingga manager.
- b) Menyebarkan kuesioner kriteria aplikatif metode kepada seluruh responden yang telah dipilih sebelumnya. Pada kuesioner ini evaluator diminta untuk membandingkan kriteria metode yang baik. Kuesioner ini menggunakan skala pada *pairwise comparison* MPR yaitu dari 1 hingga 9.
- c) Pengolahan hasil kuesioner tersebut dengan menggunakan metode *expertise based ranking of experts* yang dikembangkan oleh Herowati et al (2014).
- d) Evaluator yang dianggap *expert* dan dipilih sebagai evaluator *expert* adalah evaluator yang memiliki nilai CWS-index tertinggi pada setiap perusahaan.

2. Penilaian *applicability* metode LC-VSM oleh evaluator *expert* yang terpilih. Evaluasi ini dilakukan kepada evaluator yang dievaluasi sebelumnya dan dinilai *expert* (memiliki nilai CWS index tertinggi) pada setiap perusahaan. Proses evaluasi dilakukan dengan mengikuti tahapan sebagai berikut:
  - a) Penjelasan mengenai hasil dari penerapan metode LC-VSM.
  - b) Penyebaran dan penilaian *applicability* metode dan metodologi LC-VSM dengan menggunakan kuesioner *applicability* (dapat dilihat pada lampiran 5). Kuesioner *applicability* metode dan metodologi LC-VSM terdiri dari empat indikator yaitu kemanfaatan, kemudahan dipelajari, kepuasan pengguna, dan kemudahan digunakan.

### **3.1.3 Penyusunan Rekomendasi Penerapan LC-VSM**

Apabila hasil pengukuran *applicability* apabila metode dan metodologi aplikatif maka akan dilakukan penyusunan rekomendasi penerapan LC-VSM berdasarkan hasil evaluasi *applicability*.

### **3.1.4 Kesimpulan dan Saran**

Dari seluruh tahapan penelitian maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sesuai dengan permasalahan yang ada serta tujuan dilakukan penelitian ini. Kemudian dari pelaksanaan penelitian ini maka akan diberikan saran dan masukan untuk perusahaan dan para peneliti berikutnya berkaitan dengan penelitian ini.

## **3.2 Objek Penelitian**

Penelitian ini mempertimbangkan obyek penelitian dari tiga aspek yaitu kuantitas, tipe, dan sektor. Dari segi kuantitas penelitian ini menggunakan tiga perusahaan. Dari segi tipe, penelitian ini memiliki tiga tipe ukuran perusahaan yaitu:

1. Industri kecil: memiliki jumlah tenaga kerja kurang dari 20 orang
2. Industri sedang: memiliki jumlah tenaga kerja 20 hingga 100 orang
3. Industri besar: memiliki jumlah tenaga kerja lebih dari 100 orang

Sedangkan dari segi sektor penelitian menggunakan perusahaan manufaktur di Indonesia yang menggunakan strategi *reverse logistic* atau yang menerapkan prinsip 6 R (*reduce, reuse, recycle, recovery, redesign, dan remanufacturing*). Sehingga obyek yang menjadi penelitian ini adalah:

1. Industri kecil : Air Minum Dalam Kemasan (PT X)
2. Industri sedang : Air Minum Dalam Kemasan (PT Y)
3. Industri besar : Aki (PT Z)

Penggunaan tiga jenis ukuran perusahaan bertujuan untuk mengetahui tingkat penerapan LC-VSM pada berbagai ukuran perusahaan sehingga penilaian *applicability* dapat bernilai komprehensif pada berbagai ukuran perusahaan. Hal ini disebabkan oleh adanya dugaan bahwa ukuran perusahaan dapat mempengaruhi tingkat penerapan (*applicability*) metode pada perusahaan. Terkait oleh ketersediaan waktu maka setiap tipe perusahaan diwakili oleh satu perusahaan yang menggunakan startegi *reverse logistic* / 6 R.

### **3.3 Lingkup Penelitian**

Penelitian ini mengevaluasi penggunaan *life cycle value stream mapping* pada beberapa perusahaan dengan lingkup penelitian seluruh siklus hidup produk. Siklus hidup produk yang dimaksud didefinisikan lebih lanjut pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Tahap pra manufaktur: aktivitas persiapan bahan baku dimulai dari proses penyediaan material, penyimpanan material pada gudang, hingga proses pengiriman material pada gudang.
2. Tahap manufaktur: aktivitas produksi produk yaitu dimulai dari proses merubah *raw material* menjadi produk yang bernilai tambah hingga proses pengiriman produk jadi pada gudang jadi.
3. Tahap pengiriman (distribusi): Aktivitas pengiriman produk yaitu dari gudang produk jadi, proses pengiriman, dan proses penyimpanan pada distributor/retailer

4. Tahap konsumsi (*use*): aktivitas penggunaan produk oleh konsumen
5. Tahap pasca konsumsi (*end of life*) : Aktivitas yang dibutuhkan ketika konsumen sudah tidak dapat menggunakan produk tersebut. Aktivitas ini dimulai dari pengumpulan produk bekas hingga proses daur ulang (6R).

(halaman ini sengaja dikosongkan)



## **BAB 4**

### **PENERAPAN LC-VSM PADA PERUSAHAAN X**

Penerapan LC-VSM pada PT X akan dijelaskan pada bab ini, Bab ini terdiri dari beberapa bagian antara lain adalah profil perusahaan, pengukuran metrik triple bottom line (ekonomi, lingkungan, sosial), penggambaran *Current* LC-VSM, analisa hasil LC-VSM dan rancangan perbaikan.

#### **4.1 Profil Perusahaan PT X**

PT X merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur yaitu penghasil air minum dalam kemasan (AMDK). PT X berdiri pada tahun 2011 dan berlokasi di Jawa Timur. Produk yang dihasilkan PT X beranekaragam sesuai dengan kebutuhan konsumen. Produk yang dihasilkan antara lain adalah:

1. Kemasan cup dengan isi 120 ml
2. Kemasan cup dengan isi 220 ml
3. Kemasan botol dengan isi 330 ml
4. Kemasan botol dengan isi 600 ml
5. Kemasan botol dengan isi 1.500 ml
6. Kemasan galon dengan isi 19.000 ml (19 liter)

AMDK PT X mengutamakan kualitas air minum dengan tingkat total Dissolved Solids (TDS) rendah (<6 ppm) dan dengan kadar oksigen yang tinggi. TDS merupakan jumlah kandungan yang terlarut pada air seperti adanya unsur Al, Fe, Ca, dll. Air dengan tingkat TDS yang rendah diyakini oleh masyarakat baik untuk kesehatan sehingga hal inilah yang menjadi keunggulan dari produk AMDK PT X.

#### **4.1.1 Hari dan Jam kerja PT X**

PT X setiap harinya beroperasi dalam 1 shift kerja, namun jam kerja lembur dapat terjadi pada hari tertentu ketika terjadi permintaan yang tinggi. Hari dan jam kerja normal setiap harinya adalah sebagai berikut:

1. Hari Senin sampai dengan Kamis
  - Masuk : Jam 08.00
  - Istirahat : Jam 11.30 s/d 12.30
  - Pulang : Jam 16.00
2. Hari Jumat
  - Masuk : Jam 08.00
  - Istirahat : Jam 11.30 s/d 13.00
  - Pulang : Jam 16.00
3. Hari Sabtu
  - Masuk : Jam 08.00
  - Istirahat : Jam 11.30 s/d 13.00
  - Pulang : Jam 16.00

#### **4.1.2 Workstation dan Layout Pabrik PT X**

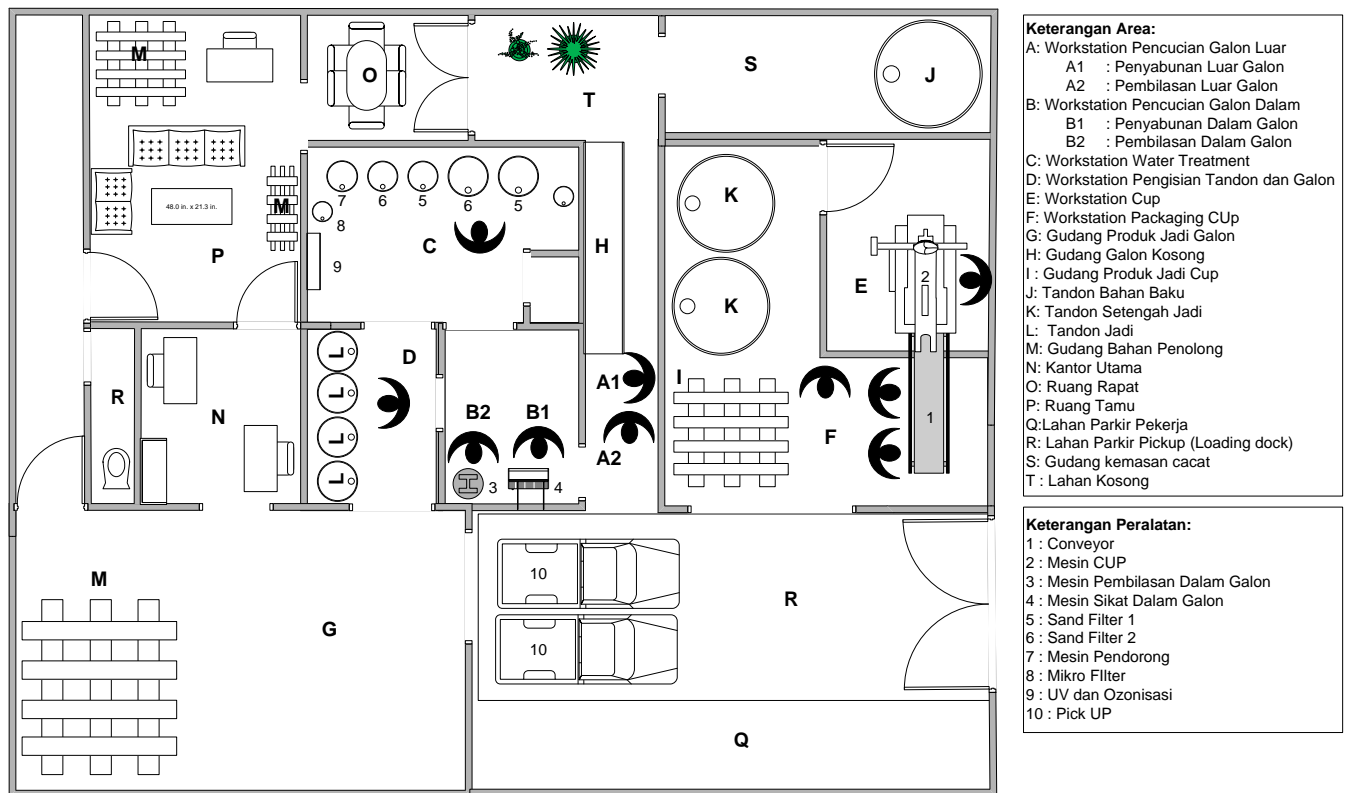
PT X memiliki enam workstation utama dan lima unit gudang dalam pabrik. Enam workstation tersebut adalah:

1. *Workstation water treatment*: yaitu area untuk pengolahan air menjadi air yang berkualitas dan siap untuk dikemas.
2. Workstation pencucian luar galon: yaitu area untuk proses pencucian dan pembilasan galon bagian luar
3. Workstation pencucian dalam galon: yaitu area untuk proses dan pembilasan galon bagian dalam
4. Workstation filling: yaitu area untuk proses pengisian air ke dalam kemasan Galon dan botol
5. Workstation Cup: yaitu area untuk proses produksi cup dengan menggunakan mesin.
6. Workstation *packaging* cup: yaitu area untuk proses packaging AMDK kemasan cup ke dalam kardus karton.

Sedangkan gudang yang dimiliki oleh PT X adalah:

1. Gudang produk jadi: Yaitu tempat untuk menyimpan produk jadi AMDK kemasan galon dan botol yang siap untuk di distribusikan kepada konsumen. Selain produk jadi, gudang ini juga berfungsi untuk menyimpan bahan pembantu produk lainnya seperti kardus karton, seal, tutup galon, dll.
2. Gudang galon kosong: yaitu tempat untuk meletakkan galon kosong yang akan digunakan dalam proses pengisian. Gudang ini terletak di dekat workstation pencucian luar galon
3. Gudang produk jadi cup: yaitu tempat untuk menyimpan produk jadi AMDK kemasan cup yang telah dikemas kedalam karton kardus. Gudang ini terletak di dekat workstation packaging cup.
4. Gudang bahan penolong: yaitu tempat untuk menyimpan bahan penolong lainnya seperti stiker, seal, tutup galon, botol, kardus, dan sebagainya.
5. Tandon bahan baku: yaitu tempat untuk menyimpan air sebagai bahan baku utama produk sebelum diproses. Tandon ini memiliki kapasitas 9000 liter.
6. Tandon produk setengah jadi: yaitu tempat untuk menyimpan air yang telah menjalani proses filtrasi 1. Tandon ini berfungsi untuk tempat menyimpan air ketika menunggu mesin dicuci sebelum proses berikutnya.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat layout dari pabrik PT X pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Layout Pabrik PT X

#### 4.1.3 Jenis dan Spesifikasi Mesin / peralatan PT X

Pada proses distribusi dan proses produksi AMDK Galon, PT X menggunakan beberapa mesin dan peralatan untuk memudahkan jalannya proses distribusi dan produksi. Berikut ini merupakan mesin dan peralatan yang digunakan.

##### 1. Kendaraan Transportasi/distribusi (Pick up)



Gambar 4.2 Kendaraan Pick Up

Spesifikasi:

Kapasitas : 70 galon

Bahan Bakar : Pertalite

Pick up ini berfungsi untuk proses transportasi produk AMDK PT X yaitu membeli kemasan galon pada supplier, mengantar AMDK berbagai kemasan kepada konsumen, dan mengambil galon kosong dari supplier. PT X memiliki kendaraan pick up sejumlah 2 unit.

## 2. Proses produksi

### a. Tangki Sand Filter 1 (HCL) dan Sand Filter 2 (Soda Kaustik)



Gambar 4.3 Tangki Sand Filter

Berfungsi untuk menyaring air dari partikel-partikel yang terlarut. Pada tangki ini terdapat streiner diatas pipa penghubung yang berfungsi untuk menyaring kotoran dan pasir silica tidak dibawa menuju proses berikutnya. PT X memiliki 2 unit setiap *sand filter* 1 dan 2

### b. Tangki pendorong



Gambar 4.4 Tangki Pendorong

Berfungsi untuk mendorong air dari *sand filter* 2 menuju mikro filter dan mesin UV & ozonisasi

c. Tangki Mikro Filter



Gambar 4.5 Tangki Mikro Filter

Tangki mikro bakteri berfungsi untuk menyaring bakteri-bakteri yang berukuran mikro yang lolos dari proses penyaringan pada mesin sand filter dan silica sand.

d. Mesin UV dan Ozonisasi



Gambar 4.6 Mesin UV dan Ozonisasi

Daya : 32 dan 24 watt

Alat ini berfungsi untuk menambahkan oksigen pada air, membunuh bakteri dan virus yang ada dalam air, serta untuk mengawetkan produk yang nantinya akan dikemas.

e. Mesin Sikat Galon Dalam



Gambar 4.7 Mesin Sikat Galon Dalam

Daya = 125 watt

Berfungsi untuk membersihkan galon bagian dalam. Terdapat motor listrik dibagian dalam yang berfungsi untuk memutar sikat PVC sehingga mampu membersihkan galon bagian dalam.

f. Mesin pembilas galon



Gambar 4.8 Mesin Pembilas Galon Dalam

Daya = 125 watt

Berfungsi untuk membilas galon bagian dalam yang telah disikat oleh mesin sikat galon sehingga bersih dari kotoran dan busa. Mesin ini digerakkan oleh pompa air listrik dengan daya 125 watt.

g. *Heat gun*



Gambar 4.9 *Heat gun*

Daya: 1600 watt

Alat ini menghasilkan aliran udara yang panas sehingga mampu merekatkan seal pada tutup galon.

h. Pompa Air Listrik

Terdapat 2 unit pompa yang digunakan

- 1) Pompa Air Listrik untuk menarik air dari tandon bahan baku atau tandon setengah jadi menuju tangki sand filter



Gambar 4.10 Pompa Air Listrik 1

Daya : 125 watt

- 2) Pompa Air Listrik untuk menarik air dari tendon abhan baku menuju tangki penolong serta memutar air pada tangki sand filter dan proses berikutnya hingga air disimpan pada tandon produk jadi



Gambar 4.11 Pompa Air Listrik 2

Daya: 600 watt

#### 4.2 Pemilihan Produk PT X

Sesuai dengan tujuan awal penelitian yaitu perusahaan yang menggunakan proses *reverse logistic* maka pada PT X produk yang menggunakan proses *reverse logistic* adalah AMDK dengan kemasan galon. Hal ini disebabkan oleh produk AMDK yang telah dikonsumsi oleh konsumen akan dikembalikan kepada perusahaan untuk ditukar dengan produk baru. Selain hal tersebut pemilihan produk juga dilatarbelakangi oleh AMDK kemasan galon memiliki jumlah permintaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk AMDK dengan kemasan lain pada PT X. Berikut ini merupakan jumlah permintaan dan jumlah produksi pada enam bulan terakhir pada setiap produk.



Tabel 4.1 Rata-rata Jumlah Permintaan Produk PT X

| No.       | Bulan     | Jumlah Permintaan |                      |
|-----------|-----------|-------------------|----------------------|
|           |           | Galon (unit)      | Cup & Botol (kardus) |
| 1         | Juli      | 4.904             | 1.244                |
| 2         | Agustus   | 6.264             | 1.419                |
| 3         | September | 6.017             | 1.657                |
| 4         | Oktober   | 6.216             | 1.160                |
| 5         | November  | 6.159             | 1.233                |
| 6         | Desember  | 6.007             | 1.572                |
| Rata-rata |           | 5.928             | 1.381                |

Sumber: Data Sekunder PT X

### 4.3 Proses Bisnis Perusahaan (AMDK Galon) PT X

Untuk memudahkan dalam memahami proses bisnis dari PT X untuk kemasan galon maka dibangun sebuah diagram SIPOC. Diagram SIPOC AMDK Galon PT X dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Proses awal dari PT X adalah mempersiapkan bahan baku yang dibeli pada beberapa supplier dan dilakukan penyimpanan pada gudang. Ketika bahan tersebut dibutuhkan pada proses maka akan dikirim pada rantai produksi sesuai dengan jumlah kebutuhan. Tahapan proses produksi AMDK galon PT X adalah:

#### 1. Pengisian Tandon Bahan baku

Langkah awal sebelum memulai proses produksi adalah mempersiapkan bahan baku utama produk yaitu pengisian air pada tandon bahan baku. Bahan baku air yang digunakan adalah air dari PAM yang dikelola oleh masyarakat sekitar. Air dialirkan melalui pipa menuju tandon bahan baku yang berkapasitas 8000 liter. Pemesanan bahan baku air pada PAM dengan menggunakan truk tanki dilakukan apabila terjadi permasalahan pada aliran PAM sehingga diperlukan pemesanan langsung. Truk tangki bahan baku dari PAM memiliki kapasitas sebesar 8000 liter. Pada tandon bahan baku, air memiliki tingkat TDS sebesar  $\pm 200$  ppm

#### 2. Proses Filtrasi 1

Proses filtrasi dilakukan dengan menggunakan 2 mesin. Yaitu mesin sand filter 1 dan mesin sand filter 2. Bahan baku yang telah siap dilakukan

proses akan dialirkan dari tangki bahan baku menuju mesin tangki *sand filter* yang berisi dengan pasir silica dengan menggunakan pompa air bertenaga listrik. Tangki *sand filter* berfungsi untuk menyaring air dari partikel-partikel yang terlarut.

3. Pengisian dan Penyimpanan pada Tandon produk setengah jadi

Air akan dialirkan menuju tandon setengah jadi setelah melalui *sand filter* 1 dan *sand filter* 2. Air didiamkan pada tandon setengah jadi untuk menunggu mesin selesai dicuci dengan menggunakan HCL dan soda kaustik. Tandon setengah jadi pada PT X terdapat dua unit dengan masing-masing tangki memiliki kapasitas 5200 L.

4. Proses Pencucian Mesin

Selama air didiamkan pada tangki setengah jadi, mesin sand filter dan silica sand dilakukan pencucian dari proses penyaringan sebelumnya dengan menggunakan air bahan baku yang belum di olah. Proses pencucian mesin terdiri dari beberapa proses sebagai berikut:

a. Pencucian tangki sand filter 1 dengan menggunakan HCL

Proses pencucian tangki sand filter 1 diawali dengan mengalirkan air bahan baku menuju sebuah tangki penampung yang berfungsi untuk membantu mencampur air dan bahan kimia. Pada tangki tersebut akan ditambahkan HCL sebanyak 3 liter. Setelah air mencapai 12 liter maka campuran air dan HCL akan dimasukkan kedalam tangki sand filter 1 dan didiamkan selama  $\pm 30$  menit (proses pengendapan).

b. Pembilasan pipa

Ketika tangki sand filter 1 didiamkan maka dilakukan pembilasan pipa yang mengalirkan tanki penampung menuju sand filter 1. Proses ini bertujuan untuk membersihkan pipa dari bahan kimia HCL. Pembilasan pipa dilakukan dengan mengalirkan air bahan baku hingga pipa dianggap bersih.

c. Pencucian tangki silica sand 2 dengan menggunakan soda kaustik

Setelah pipa bersih maka tangki penampung diisi air kembali sebanyak 30 liter dan diberi soda kaustik sebanyak 3.5 liter. Setelah

air dan soda kaustik tercampur maka akan dialirkan menuju tangki sand filter 2 dan didiamkan selama  $\pm 30$  menit (proses pengendapan).

d. Pembilasan pipa

Setelah tangki sand filter 2 didiamkan maka dilakukan pembilasan pipa yang mengalirkan tangki penampung menuju sand filter 2. Proses ini bertujuan untuk membersihkan pipa dari bahan kimia Soda kaustik. Pembilasan pipa dilakukan dengan mengalirkan air bahan baku hingga pipa dianggap bersih.

e. Proses pengendapan

Setelah sand filter 1 dan 2 tercampur dengan bahan kimia maka kedua mesin didiamkan hingga 30 menit.

f. Proses pembilasan tangki sand filter 1 (TDS < 200 ppm)

Setelah 30 menit maka endapan pada tangki sand filter 1 akan dibuang dan dilakukan pembilasan dengan menggunakan air bahan baku hingga TDS mencapai dibawah 200 ppm.

g. Proses pembilasan tangki sand filter 2 (TDS < 300 ppm)

Setelah tangki sand filter 1 bersih dan TDS mencapai dibawah 200 ppm maka dilanjutkan dengan membuang endapan pada sand filter 2 dan membilas tangki dengan menggunakan air bahan baku hingga tangki bersih dan TDS mencapai dibawah 300 ppm.

h. Proses pembilasan tangki secara bersama (TDS < 40 ppm)

Setelah sand filter 2 selesai dibilas maka kedua tangki dibilas dengan menggunakan air bahan baku bersama-sama. Hal ini dilakukan untuk menjamin bahwa kedua tangki mampu menghasilkan air yang baik dan siap digunakan bersama. Proses pembilasan ini dilakukan hingga TDS mencapai dibawah 40 ppm.

5. Proses filtrasi 2 dengan Sand Filter (TDS < 6 ppm)

Setelah proses pembilasan kedua tangki selesai maka air pada tangki setengah jadi akan dialirkan kembali menuju tangki sand filter 1 dan 2 dengan menggunakan pompa bertenaga listrik. Pada mesin ini air akan

dilakukan penyaringan kembali dan inspeksi hingga tingkat TDS mencapai dibawah 6 ppm.

6. Proses Water treatment (penyaringan mikro bakteri, penyinaran UV dan Ozonisasi)

Setelah tingkat TDS air mencapai 6 ppm air akan dialirkan menuju tangki mikro bakteri melalui tangki pemompa. Tangki mikro bakteri berfungsi untuk menyaring bakteri-bakteri yang berukuran mikro yang lolos dari proses penyaringan pada mesin sand filter dan silica sand. Setelah melalui proses penyaringan mikro bakteri, air akan dialirkan menuju mesin UV untuk dilakukan proses sterilisasi dan ozonisasi. Proses ini berfungsi untuk menambahkan oksigen pada air, membunuh bakteri dan virus yang ada dalam air, serta untuk mengawetkan produk yang nantinya akan dikemas.

7. Proses Pengisian Tandon jadi

Setelah melalui proses sterilisasi dan ozonisasi maka air akan dialirkan menuju tendon jadi yang terdiri dari 4 buah tandon dengan masing-masing berkapasitas 700 ml. Air jadi pada tandon jadi akan digunakan untuk pengisian pada kemasan galon, dialirkan menuju tandon cup dengan kapasitas 800 ml, serta dialirkan untuk pencucian galon bagian dalam.

8. Proses Sterilisasi Galon

Galon kosong yang ada digudang akan dilakukan sterilisasi sebelum dilakukan pengisian pada stasiun pengisian. Sterilisasi dilakukan dengan tujuan untuk menjamin bahwa galon yang akan digunakan dalam keadaan yang layak pakai dan bersih dari berbagai kotoran. Proses sterilisasi dilakukan dengan mencuci galon dengan beberapa tahap. Berikut ini merupakan tahap pencucian galon.

1) Inspeksi galon

Tahap awal ada proses pencucian galon adalah memastikan galon yang akan digunakan dalam keadaan layak pakai. Galon yang layak memiliki kriteria sebagai berikut:

- a. Tidak bocor
- b. Tidak mengandung bahan berbahaya (kotoran, aki, minyak, dll)

c. Warna terang dan tidak memiliki banyak goresan

Galon yang tidak layak akan dikumpulkan dan dijual kepada pemulung atau pihak kedua untuk diolah kembali menjadi produk lain seperti ember.

2) Pencucian bagian luar galon dengan menggunakan busa sabun

Tahap berikutnya adalah mencuci bagian luar galon dengan menggunakan sabun. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada luar galon. Proses ini dilakukan secara manual oleh satu pekerja.

3) Pembilasan galon bagian luar

Setelah bagian luar disabun maka galon dibilas dengan menggunakan air bahan baku. Pada tahap ini akan dilakukan pemeriksaan untuk meyakinkan bahwa galon memiliki keadaan yang baik dan bersih. Proses ini dilakukan secara manual oleh satu operator.

4) Pencucian galon bagian dalam dengan mesin sikat galon

Setelah bagian luar galon selesai dibilas maka galon menuju workstation pencucian dalam galon. Pada workstation ini galon akan dicuci bagian dalam dengan menggunakan mesin sikat galon. proses ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran dan bau yang ada di dalam galon. Proses ini dilakukan oleh satu operator.

5) Pembilasan galon bagian dalam dengan menggunakan mesin pembilas galon

Tahap terakhir adalah membilas galon bagian dalam dengan menggunakan mesin pembilas galon. Proses ini menggunakan air jadi pada tandon jadi. Hal ini bertujuan untuk meyakinkan bahwa galon bersih secara keseluruhan dan siap untuk digunakan.

9. Proses Pengisian dan *packaging* pada kemasan Galon

Tandon yang telah berisi air jadi akan dilakukan pengemasan. Kemasan galon akan dilakukan pengemasan secara manual pada workstation pengisian dekat dengan tandon jadi. Galon yang telah terisi akan ditutup

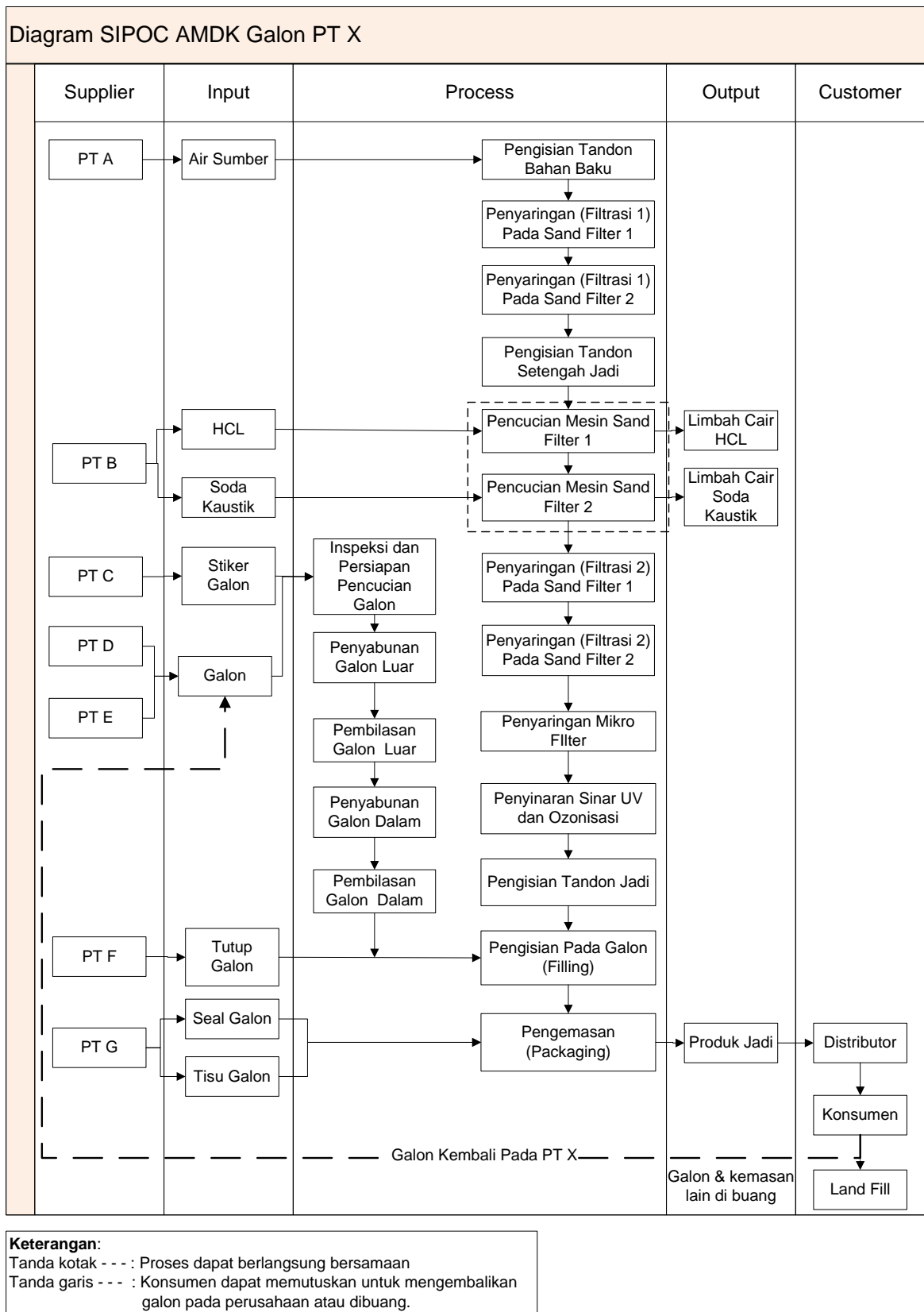
dengan tutup galon dan dikirim menuju gudang. Pada gudang galon akan diberi seal dan direkatkan dengan menggunakan *heatgun*.

Setelah melalui proses produksi maka AMDK galon yang telah jadi akan disimpan dan menunggu hingga proses pengiriman oleh bagian distribusi. Bagian distribusi mengirimkan pada konsumen yang sebagian besar adalah retailer dengan menggunakan dua mobil pick up. Dari retailer maka AMDK galon akan dikirim dan dikonsumsi oleh konsumen akhir. Setelah mengonsumsi AMDK maka konsumen memiliki pilihan untuk membeli ulang produk tersebut dengan membeli produk lain dengan menukarkan galon atau tidak. Apabila konsumen memutuskan untuk membeli ulang produk AMDK kemasan galon, maka konsumen akan membeli dan menurkarkan galon kosong kepada retail atau perusahaan untuk mendapat produk baru. Ketika pilihan ini dipilih oleh konsumen maka kemasan galon dapat digunakan kembali (*reuse*) oleh perusahaan. Untuk memudahkan memahami proses bisnis PT X maka dapat melihat diagram SIPOC pada Gambar 4.12.

Alur dari aliran informasi PT X adalah sebagai berikut:

1. Manajer menerima *order* dari *costumer* (konsumen akhir dan retail) dan segera mengkonfirmasi pada bagian gudang barang jadi untuk mengetahui ketersediaan barang. Jika barang tersedia maka manajer akan mengatur jadwal pengiriman dan menugaskan bagian transportasi (distribusi) untuk mengirimkan. Apabila barang tidak tersedia maka manajer memberikan perintah produksi kepada kepala produksi meliputi jumlah produk yang harus diproduksi dan *deadline* penyelesaian pekerjaan. Kepala produksi akan segera menugaskan para tenaga kerja untuk memproduksi produk sesuai dengan perintah manajer.
2. Selain menugaskan para pekerja produksi, kepala produksi akan memberikan informasi kepada kepala gudang untuk mempersiapkan bahan baku penolong untuk produksi. Informasi yang diberikan antara lain jenis bahan penolong dan jumlahnya. Dari informasi tersebut kepala gudang akan segera mempersiapkan kebutuhan produksi dan mengirimkan ke rantai produksi.

3. Setelah pengiriman material produksi kepala gudang akan segera mengupdate persediaan bahan. Apabila bahan/material penolong habis maka kepala gudang akan menginformasikan kepada manajer. Dari informasi tersebut manajer akan menyusun jadwal pembelian bahan baku. Informasi yang disusun adalah jenis bahan apa saja yang perlu untuk dibeli, jumlah bahan, dan keputusan untuk dikirim atau membeli dengan tenaga distribusi perusahaan. Apabila jumlah bahan kurang dari minimum order dari supplier maka manajer akan menginformasikan kepada bagian distribusi untuk menuju supplier membeli bahan penolong. Apabila jumlah bahan sama atau lebih dari minimum order maka manajer akan segera membuat surat *order* kepada supplier.
4. Selain mengupdate tingkat persediaan bahan, kepala bagian gudang akan mencatat hasil produksi setelah selesai diproduksi dan memberikan informasi kepada manajer bahwa produk telah siap. Dari informasi tersebut manajer akan memberikan perintah kepada bagian distribusi untuk mengirimkan produk sesuai dengan jumlah permintaan. Informasi yang diberikan kepada bagian distribusi antara lain alamat customer dan jumlah permintaan. Setelah proses pengiriman kepala gudang akan mencatat jumlah persediaan yang ada di dalam gudang.
5. Kembalinya dari proses pengiriman, bagian distribusi menginformasikan kepada manajer jumlah galon kosong yang kembali. Dari informasi tersebut manajer dapat mengatur jadwal produksi dan menentukan jumlah persediaan galon. Apabila persediaan galon sedikit maka manajer akan menjadwalkan pembelian galon baru dan memberikan perintah kepada bagian distribusi untuk membeli galon kepada supplier.



Gambar 4.12 Diagram SIPOC



#### 4.4 Pengukuran dan Pengumpulan Data PT X

Seperti yang telah dijelaskan pada Bab 2 yang menyebutkan bahwa terdapat lima tahapan dalam siklus hidup suatu produk, maka untuk produk AMDK kemasan galon tahapan beserta aktivitas pada AMDK Galon PT X :

Tabel 4.2 Aktivitas pada Setiap Tahapan Siklus Hidup AMDK Galon PT X

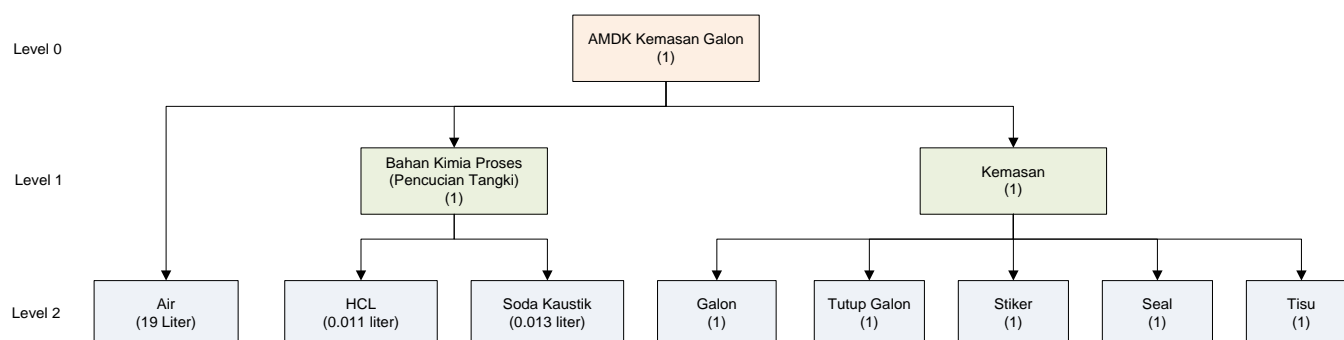
| Tahapan               | No  | Aktivitas   |
|-----------------------|-----|---|
| <b>Pra Manufaktur</b> | 1.  | Pembelian dan pengiriman bahan penolong dari supplier menuju pabrik           |
|                       | 2.  | Penataan dan persiapan material   |
|                       | 3.  | Penyimpanan bahan baku penolong dan/atau galon kosong                         |
| <b>Manufaktur</b>     | 1.  | Filtrasi 1 (air menuju tandon setengah jadi)                                  |
|                       | 2.  | Pengisian air untuk cuci HCL  |
|                       | 3.  | Memasukkan kedalam tangki HCL   |
|                       | 4.  | Pembilasan pipa dari HCL  |
|                       | 5.  | Pengendapan HCL dalam tangki  |
|                       | 6.  | Pengisian air untuk Cuci Soda   |
|                       | 7.  | Memasukkan Soda kedalam tangki  |
|                       | 8.  | Pembilasan pipa dari soda HCL   |
|                       | 9.  | Pengendapan Soda dalam tangki   |
|                       | 10. | Pembilasan tangki HCL dan inspeksi TDS  |
|                       | 11. | Pembilasan tangki Soda dan inspeksi TDS                                       |
|                       | 12. | Pembilasan kedua tangki dan inspeksi TDS                                      |
|                       | 13. | Pembilasan dengan air setengah jadi   |
|                       | 14. | Water treatment (filtrasi 2, mikro filter, Uv, ozonisasi)                     |
|                       | 15. | Inspeksi dan proses pencucian luar galon                                      |
|                       | 16. | Handle dan Pemindahan galon dari pencucian luar menuju pembilasan luar galon  |
|                       | 17. | Proses pembilasan luar galon  |
|                       | 18. | Pemindahan galon dari WS pencucian luar galon menuju WS pencucian dalam galon |
|                       | 19. | Penyabunan dalam galon  |
|                       | 20. | Pemindahan galon dari penyabunan dalam galon menuju pembilasan dalam galon    |
|                       | 21. | Proses pembilasan galon dalam   |
|                       | 22. | Pemindahan galon dari WS pencucian dalam galon menuju WS pengisian            |
|                       | 23. | Proses Pengisian air jadi ke dalam kemasan Galon                              |
|                       | 24. | Pemindahan AMDK galon ke gudang jadi  |
|                       | 25. | Proses pemberian seal   |
|                       | 26. | Proses perekatan seal dengan <i>heat gun</i>                                  |
|                       | 27. | Penyimpanan (menunggu dikirim)  |

Tabel 4.2 Aktivitas pada Setiap Tahapan Siklus Hidup AMDK Galon PT X

| Tahapan     | No | Aktivitas   |
|-------------|----|---|
| Distribusi  | 1. | Pengiriman ke retailer                                  |
|             | 2. | Penyimpanan pada retailer                               |
|             | 3. | Pembelian oleh konsumen dan transportasi                |
| Konsumsi    | 2. | Proses konsumsi oleh konsumen                           |
| End Of Life | 1. | Penggunaan kembali kemasan Galon yang kembali pada PT X |

#### 4.4.1 TAHAP PRA MANUFAKTUR PT X

Pada tahap pra manufaktur, aktivitas yang dilakukan adalah pembelian dan pengiriman material (bahan baku/bahan penolong) dari supplier. Proses pemenuhan kebutuhan produksi atau proses pembelian pada supplier sebagian besar dilakukan langsung pada perusahaan supplier yang bersangkutan dengan menggunakan tenaga kerja perusahaan. Hal ini disebabkan oleh jumlah pembelian belum memenuhi minimum order yang ditentukan oleh supplier. PT X memiliki dua kendaraan pick up yang berfungsi untuk melakukan proses pembelian bahan penolong pada supplier dan pendistribusian produk pada retailer atau konsumen akhir. Berikut ini merupakan *Bill of Material Tree* (BOM Tree) dari produk AMDK kemasan galon pada PT X.



Gambar 4.13 *Bill of Material Tree* (BOM Tree) Produk AMDK Galon PT X

Bahan baku air yang digunakan PT X berasal dari air daerah batu yang dikelola oleh masyarakat sekitar. Air bahan baku mengalir melalui pipa menuju tangki bahan baku. Selain itu PT X melakukan pembelian langsung pada HIPAM ketika air tidak mengalir. Selain bahan baku air terdapat bahan penolong yang perlu untuk disediakan untuk menunjang kebutuhan produk.

Bahan penolong yang dibutuhkan terdiri dari dua jenis yaitu bahan kimia untuk proses pencucian yang terdiri dari soda kaustik dan soda, serta kemasan produk yaitu galon, tutup galon, seal, tisu, dan stiker galon. PT X melakukan pembelian galon pada dua supplier yaitu PT C dan PT D yang terletak pada pasuruan. Namun PT X cenderung melakukan pembelian galon pada PT C. Supplier kemasan lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

#### 4.4.1.1 Waktu Tahap Pra Manufaktur PT X

##### A. Waktu Pembelian Bahan Penolong

Waktu proses penyiapan bahan penolong untuk AMDK kemasan galon pada PT X adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Supplier dan *Lead Time* Pembelian Bahan Penolong PT X

| Produk             | Material     | Supplier                           | Proses       | LT pesan      | Jarak (KM) | Waktu Tempuh (menit) | Waktu Proses Pembelian (Menit) | Lead Total Time (menit) |
|--------------------|--------------|------------------------------------|--------------|---------------|------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Bahan baku         | Air          | HIPPAM                             | Pipa         | -             | -          | -                    | -                              | -                       |
|                    |              | HIPPAM                             | Dikirim Truk | 1 jam         | 8          | 21                   | 60                             | 81                      |
| Bahan kimia proses | HCL          | PT B (Malang)                      | Dikirim      | 1 hari        | 11.1       | 39                   | 0                              | 39                      |
|                    | Kaustik soda |                                    |              |               |            |                      |                                |                         |
| AMDK kemasan Galon | Galon        | PT C (Pasuruan)<br>PT D (Pasuruan) | Beli sendiri | 0             | 33.2       | 70<br>78             | 30<br>30                       | 170                     |
|                    | Stiker       | PT E (Pasuruan)                    | Beli sendiri | 10-12 hari    | 31         | 66                   | 15                             | 147                     |
|                    | Seal         | PT F (Malang)                      | Beli sendiri | 7 hari        | 8          | 30                   | 15                             | 75                      |
|                    | Tisu         |                                    | Beli sendiri |               |            |                      |                                |                         |
|                    | Tutup Galon  | PT G (Batu)                        | Dikirim      | 10 hari       | 15         | 40                   | 0                              | 40                      |
| Total              |              |                                    |              | 12 hari (max) | 106.3      | Total LT pembelian   |                                | 552                     |

Pengukuran jarak dibantu dengan menggunakan aplikasi *google maps* dan *waze*, waktu tempuh dibantu oleh aplikasi *waze* dan wawancara terhadap bagian pembelian, sedangkan waktu proses pembelian pada supplier dengan melakukan wawancara pada bagian pembelian.

Perhitungan waktu tempuh (*lead time*) total dalam proses pembelian dan pengiriman pada supplier dibedakan menjadi dua yaitu

dengan proses pembelian dikirim dan pembelian sendiri. Dengan menggunakan asumsi pembelian dan pengiriman dilakukan secara langsung tanpa berhenti pada tujuan lain. Contoh perhitungan waktu pada supplier PT A dengan proses pembelian dikirim adalah:

Waktu tempuh = 21 menit

Waktu proses pembelian = 60 menit (memasukkan air dari truk tangki kedalam tandon bahan baku)

Total Lead time = waktu tempuh (PP) + waktu proses pembelian  
= 21 + 60  
= 81 menit = 1 jam 21 menit

Sedangkan contoh perhitungan waktu tempuh (*lead time*) dalam proses pembelian dan pengiriman dari supplier PT C dengan proses pembelian sendiri adalah:

Waktu tempuh = 70 menit

Waktu tempuh pulang dan pergi (PP) = 2 x 70 menit = 140 menit

Waktu proses pembelian (pada supplier) = 30 menit

Total Lead time = waktu tempuh (PP) + waktu proses pembelian  
= 140 + 30  
= 170 menit = 2 jam 50 menit

Dari Tabel 4.3 Dapat diketahui waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan keseluruhan bahan penolong yang dibutuhkan untuk produksi adalah 552 menit atau selama 9 jam 12 menit. Dengan *lead time* pemesanan pada supplier 10-12 hari. Performansi supplier selama ini baik karena terjadinya stock out pada perusahaan disebabkan oleh kebijakan perusahaan yang kurang baik dalam memberikan perintah pengambilan material.

## **B. Waktu Lama Penyimpanan Material**

Material yang telah disiapkan akan disimpan sesuai dengan jenisnya. Air bahan baku akan disimpan pada tandon air bahan baku sedangkan bahan penolong akan disimpan pada gudang. Waktu lama penyimpanan material tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.4. Data jumlah

pembelian selama bulan Januari dan Februari dapat dilihat pada lampiran 6.

Tabel 4.4 Waktu Lama Penyimpanan Material

| Bahan Penolong         | Lot Size Pembelian | Jumlah pembelian selama 2 bulan | Waktu Simpan (hari) |
|------------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------|
| Galon baru             | 100                | 7                               | -                   |
| Tutup galon            | 800                | 16                              | 4                   |
| Seal                   | 5000               | 3                               | 19                  |
| Tisu                   | 5000               | 3                               | 19                  |
| Stiker                 | 2600               | 1                               | 57                  |
| Rata-rata waktu simpan |                    |                                 | 21                  |

Perhitungan waktu simpan dengan menggunakan pendekatan sebagai berikut:

Jumlah hari selama bulan januari dan Februari 2017 = 59 hari

$$\text{Waktu simpan} = \frac{\text{jumlah hari}}{\text{jumlah pembelian}}$$

$$\text{Waktu simpan tutup galon} = \frac{59}{16} = 3.7 \text{ hari} \sim 4 \text{ hari}$$

Dari hasil perhitungan pada Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa rata-rata waktu penyimpanan material pada gudang adalah 21 hari

#### 4.4.1.2 Tingkat Persediaan Tahap Pra Manufaktur PT X

Data gudang material pada bulan Januari dan february 2017 dapat dilihat pada lampiran 6. Persediaan Berikut ini merupakan rekap tingkat persediaan bahan penolong yang disimpan pada gudang.

Tabel 4.5 Data Gudang Material

| Bahan Penolong | Rata-rata Lot size Pembelian | Jumlah pembelian selama 2 bulan | Total Output | Total Simpanan |
|----------------|------------------------------|---------------------------------|--------------|----------------|
| Galon          | 100                          | 7                               | -            | -              |
| Tutup galon    | 900                          | 16                              | 14408        | 43598          |
| Seal           | 5000                         | 3                               | 12400        | 178200         |
| Tisu           | 5000                         | 3                               | 14900        | 172900         |
| Stiker         | 2600                         | 1                               | 2019         | 84152          |
|                |                              |                                 |              | 478850         |

Dari data tersebut apabila diketahui jumlah hari aktif selama dua bulan 47 hari, maka dapat dihitung tingkat persediaan bahan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Tingkat persediaan} = \frac{\text{jumlah total simpanan}}{\text{jumlah hari aktif}}$$

$$\text{Tingkat persediaan tutup galon} = \frac{43598}{47} = 928 \text{ unit/hari}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama maka didapatkan tingkat persediaan material per hari pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Tingkat Persedian Gudang Bahan Penolong

| Bahan Penolong                    | Rata-rata Lot size Pembelian | Jumlah pembelian selama 2 bulan | Rata-rata konsumsi perhari | Rata-rata persediaan/hari |
|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Galon kosong                      | 100                          | 7                               |                            |                           |
| Tutup galon                       | 900                          | 16                              | 307                        | 928                       |
| Seal                              | 5000                         | 3                               | 264                        | 3791                      |
| Tisu                              | 5000                         | 3                               | 317                        | 3679                      |
| Stiker                            | 2600                         | 1                               | 42                         | 1790                      |
| Total rata-rata persedian perhari |                              |                                 |                            | 10188                     |

Selama proses penyimpanan tidak ada kerusakan material karena penyimpanan. Sedangkan pada bahan baku air terjadi loses satu kali dalam bulan Maret karena air terkontaminasi oleh bangkai hewan. Jumlah air loses sebesar 9000 L.

#### 4.4.1.3 Kualitas Tahap Pra Manufaktur PT X

Dari hasil pembelian bahan penolong, bagian gudang pada PT X tidak melakukan proses inspeksi secara mendalam. Hal ini disebabkan tidak ada bagian yang ditugaskan untuk melakukan inspeksi material. Sehingga inspeksi material hanya dilakukan ketika proses produksi berlangsung. Proses penyimpanan bahan penolong pada umumnya tidak membutuhkan kondisi yang khusus, hal ini disebabkan oleh bahan penolong terutama pada kemasan pada umumnya terbuat dari plastik. Sehingga tidak terdapat produk cacat yang disebabkan oleh metode penyimpanan (Kualitas 100%).

#### 4.4.1.4 Konsumsi Material dan Air Tahap Pra Manufaktur PT X

Pada tahap pramnaufajtur tidak terdapat konsumsi material dan air.

#### 4.4.1.5 Konsumsi Energi Tahap Pra Manufaktur PT X

Dari Tabel 4.3 Maka dapat diketahui jarak yang ditempuh oleh kendaraan perusahaan (pembelian sendiri) adalah 72.2 Km. Sehingga jarak yang ditempuh untuk pulang dan pergi kendaraan adalah 144.4 km. Dari hasil wawancara didapatkan bahwa 1 liter bahan bakar bensin pertalite dapat menempuh 10 km, maka total bahan bakar yang dibutuhkan untuk proses pembelian adalah 14.44 liter.

#### 4.4.1.6 Emisi Tahap Pra Manufaktur PT X

Emisi yang dihasilkan dari tahap pra manufaktur adalah emisi yang dihasilkan akibat penggunaan bahan bakar kendaraan pick up pada proses pembelian material pada supplier. Dari total bahan bakar yang dibutuhkan untuk mempersiapkan keseluruhan diketahui bahwa energi bahan bakar kendaraan yang digunakan adalah 14.44 L. Sehingga umlah emisi yang dihasilkan dari pembakaran 14.44 L premium adalah (metode pengukuran tier 1):

- 1) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk premium adalah  $33 \times 10^{-6}$  TJ/liter (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

$$\text{konsumsi energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (sat. fisik)} \times \text{nilai kalor} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi premium} &= 14.44 \times 33 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 472.52 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

- 2) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar premium adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 69300 \text{ Kg CO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 33 \text{ Kg CH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 3.2 \text{ Kg N}_2\text{O} / \text{TJ}$

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

Dimana a adalah jenis bahan bakar (premium, solar)

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ premium} &= 472.52 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 69300 \\ &= 33 \text{ Kg CO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 \text{ premium} &= 472.52 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 33 \\ &= 0.016 \text{ Kg CH}_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O premium} &= 472.52 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.2 \\ &= 0.0015 \text{ Kg N}_2\text{O} \end{aligned}$$

#### 4.4.1.7 Tanah Tahap Pra Manufaktur PT X

PT X memiliki tanah dengan luas total 600 m<sup>2</sup>. Penggunaan area pada PT X pada tahap pra manufaktur adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Pemanfaatan lahan (Area) PT X

| Area                              | Panjang<br>(meter) | Lebar<br>(meter) | Luas (m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|------------------------|
| Gudang Bahan Baku dan Produk jadi | 7.2                | 6.9              | 49.7 m <sup>2</sup>    |
| Gudang galon <i>reuse</i>         | 2.7                | 1.5              | 4 m <sup>2</sup>       |
| Tandon Bahan Baku                 | 5                  | 2                | 10 m <sup>2</sup>      |
| Area Lahan Hijau                  | 0                  | 0                | 0 m <sup>2</sup>       |
| <b>Total</b>                      |                    |                  | 63.7 m <sup>2</sup>    |

Dari hasil Tabel 4.34 dapat diketahui bahwa total area yang digunakan untuk memproduksi AMDK Galon PT X adalah 63.7

#### 4.4.1.8 Pengelolaan Limbah Tahap Pra Manufaktur PT X

Pada tahap Pra Manufaktur tidak terdapat pengelolaan limbah. Limbah yang dihasilkan pada tahap pra manufaktur pada umumnya adalah limbah material kualitas buruk (cacat) sehingga tidak bisa digunakan. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa kualitas pada tahap pra manufaktur 100% maka tidak ada limbah yang dihasilkan dan tidak ada pengelolaan limbah yang dilakukan.



#### 4.4.1.9 Sosial Tahap Pra Manufaktur PT X

PT X memiliki satu pekerja yang bertugas untuk melakukan pembelian bahan penolong yang dibeli sendiri dan melakukan pencatatan persediaan bahan setiap waktu. Kondisi sosial pada tahap pra manufaktur yang terdiri dari kepuasan, kesehatan, keselamatan, dan pengembangan diri pekerja adalah sebagai berikut:

##### 1. Kepuasan

Tabel 4.8 Kepuasan Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan    | Jumlah | Persentase |
|---------------|--------|------------|
| Jml Pegawai   | 1      | 100 %      |
| Keluar        | 0      |            |
| Total pegawai | 1      |            |

Kepuasan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kepuasan pekerja} &= \left( \frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}} \right) \times 100 \% \\ &= \left( \frac{1}{1} \right) \times 100 \% \\ &= 100 \%\end{aligned}$$

##### 2. Kesehatan

Tabel 4.9 Kesehatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan             | Jumlah  | Persentase |
|------------------------|---------|------------|
| Jml Pegawai            | 1       | 95 %       |
| Jumlah hari Izin sakit | 5       |            |
| Jumlah hari kerja      | 99 hari |            |

Kesehatan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{kesehatan pekerja} &= \left( 1 - \frac{\text{jumlah hari pegawai izin sakit}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}} \right) \times 100 \% \\ &= \left( 1 - \frac{5}{1 \times 99} \right) \times 100 \% \\ &= 94,9 = 95 \%\end{aligned}$$

### 3. Keselamatan

Tabel 4.10 Keselamatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan               | Jumlah  | Persentase |
|--------------------------|---------|------------|
| Jml Pegawai              | 1       | 100 %      |
| Total Kecelakaan (orang) | 0       |            |
| Jumlah hari              | 99 hari |            |

Keselamatan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Keselamatan pekerja} &= \left(1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}}\right) \times 100 \% \\ &= \left(1 - \frac{0}{1 \times 99}\right) \times 100 \% \\ &= 100 \%\end{aligned}$$

### 4. Pengembangan Diri

Tabel 4.11 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan           | Jumlah | Efisiensi |
|----------------------|--------|-----------|
| Jml Pegawai Training | 0      | 0 %       |
| Total pegawai        | 1      |           |

Pengembangan diri pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Persentase pengembangan diri} &= \left(\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{Total pegawai}}\right) \times 100 \% \\ &= \left(\frac{0}{1}\right) \times 100 \% \\ &= 0 \%\end{aligned}$$

#### 4.4.2 TAHAP MANUFAKTUR PT X

Berikut ini akan dilakukan pengukuran mengenai aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial pada perusahaan PT X khususnya pada tahap manufaktur. Aktivitas pada tahap manufaktur dapat dilihat sebelumnya pada Gambar 4.12 diagram SIPOC.

#### 4.4.2.1 Perhitungan Waktu Tahap Manufaktur PT X

Berikut ini akan dijelaskan mengenai pengukuran setiap indikator pada tahap manufaktur. Pada pengukuran waktu digunakan tiga jenis proses perhitungan waktu yaitu dengan menggunakan STS, regresi linier berganda, rata-rata waktu, dan kecepatan air. Berikut ini merupakan identifikasi aktivitas dan teknik pengukuran waktu pada tahap manufaktur.

Tabel 4.12 Identifikasi Aktivitas pada Tahap Manufaktur

| No  | Aktivitas  | Peralatan         | Teknik Perhitungan Waktu | Waktu      | Lot         |
|-----|--|-------------------|--------------------------|------------|-------------|
| 1.  | Pengisian tandon bahan baku  | Pipa              | Kecepatan air            | 720 menit  | 9000 L      |
| 2.  | Filtrasi 1<br>(air menuju tandon setengah jadi)                                    | Pipa              | Kecepatan air            | 140 menit  | 5200 L      |
| 3.  | Pengisian air untuk cuci HCL   | Pipa              | Kecepatan air            | 40 detik   | 1 kali cuci |
| 4.  | Memasukkan kedalam tangki HCL  | Pipa              | Kecepatan air            | 120 detik  | 1 kali cuci |
| 5.  | Pembilasan pipa dari HCL   | Pipa              | Rata-rata                | 2.5 menit  | 1 kali cuci |
| 6.  | Pengendapan HCL dalam tangki   | Pipa              | Rata-rata                | 71 menit   | 1 kali cuci |
| 7.  | Pengisian air untuk Cuci Soda  | Pipa              | Kecepatan air            | 100 detik  | 1 kali cuci |
| 8.  | Memasukkan Soda kedalam tangki   | Pipa              | Kecepatan air            | 300 detik  | 1 kali cuci |
| 9.  | Pembilasan pipa dari soda HCL  | Pipa              | Rata-rata                | 5 menit    | 1 kali cuci |
| 10. | Pengendapan Soda dalam tangki  | Pipa              | Rata-rata                | 35 menit   | 1 kali cuci |
| 11. | Pembilasan tangki HCL dan inspeksi TDS   | Pipa              | Regresi                  | 12 menit   | 1 kali cuci |
| 12. | Pembilasan tangki<br>Soda dan inspeksi TDS   | Pipa              | Regresi                  | 26 menit   | 1 kali cuci |
| 13. | Pembilasan kedua tangki dan inspeksi TDS   | Pipa              | Regresi                  | 4 menit    | 1 kali cuci |
| 14. | Pembilasan dengan air setengah jadi  | Pipa              | Regresi                  | 72 menit   | 1 kali cuci |
| 15. | Water treatment (filtrasi 2, mikro filter, Uv, ozonisasi)                          | Pipa              | Kecepatan air            | 60 menit   | 2800 L      |
| 16. | Inspeksi dan proses pencucian luar galon   | Manual            | STS                      | 5.95 detik | 1 galon     |
| 17. | Handle dan Pemindahan galon dari<br>pencucian luar menuju pembilasan luar<br>galon | Manual            | STS                      | 2.21 detik | 1 galon     |
| 18. | Proses pembilasan luar galon   | Manual            | STS                      | 3.47 detik | 1 galon     |
| 19. | Pemindahan galon dari WS pencucian luar<br>galon menuju WS pencucian dalam galon   | Manual            | STS                      | 2.61 detik | 1 galon     |
| 20. | Penyabunan dalam galon   | Mesin semi manual | STS                      | 3.28 detik | 1 galon     |
| 21. | Pemindahan galon dari penyabunan dalam<br>galon menuju pembilasan dalam galon      | Manual            | STS                      | 4.64 detik | 1 galon     |
| 22. | Proses pembilasan galon dalam  | Mesin semi manual | STS                      | 9.41 detik | 1 galon     |
| 23. | Pemindahan galon dari WS pencucian dalam<br>galon menuju WS pengisian              | Manual            | STS                      | 8.86 detik | 1 galon     |

Lanjutan Tabel 4.12 Identifikasi Aktivitas pada Tahap Manufaktur

| No  | Aktivitas  | Peralatan       | Teknik Perhitungan Waktu | Waktu       | Lot     |
|-----|--|-----------------|--------------------------|-------------|---------|
| 24. | Proses Pengisian air jadi ke dalam kemasan Galon | Manual          | STS                      | 40.28 detik | 1 galon |
| 25. | Pemindahan AMDK galon ke gudang jadi             | Manual          | STS                      | 13.07 detik | 1 galon |
| 26. | Proses pemberian seal                            | Manual          | STS                      | 4.34 detik  | 1 galon |
| 27. | Proses perekatan seal dengan <i>heat gun</i>     | <i>Heat gun</i> | STS                      | 4.58 detik  | 1 galon |
| 28. | Penyimpanan (menunggu dikirim)                   | -               | Data Inventori           |             |         |

#### A. Perhitungan Waktu proses dengan kecepatan air

Pada beberapa proses waktu ditentukan oleh kecepatan air. Tabel 4.13 merupakan pengukuran waktu proses yang ditentukan oleh kecepatan air.

Tabel 4.13 Waktu Proses dengan Kecepatan Air

| No. | Proses   | Kapasitas  | Kecepatan Air    | Waktu     |
|-----|--|------------|------------------|-----------|
| 1   | Pengisian Tandon Bahan Baku Air                            | 9000 liter | Tergantung pusat | 720 menit |
| 2   | Filtrasi 1   | 5200 liter | 620 ml/detik     | 140 menit |
| 3   | Pengisian air untuk cuci HCL                               | 12 liter   | 300 ml/detik     | 40 detik  |
| 4   | Memasukkan kedalam tangki HCL                              | 12 liter   | 100 ml/detik     | 120 detik |
| 5   | Pengisian air untuk Cuci Soda                              | 30 liter   | 300 ml/detik     | 100 detik |
| 6   | Memasukkan Soda kedalam tangki                             | 30 liter   | 100 ml/detik     | 300 detik |
| 7   | Water Treatment (filtrasi 2, mikro filter, UV & ozonisasi. | 2800 liter | 78 ml/detik      | 60 menit  |

Sumber: Data Primer

#### B. Waktu Sterilisasi Galon dengan *Stopwatch Time Study* (STS)

Berikut ini merupakan contoh perhitungan *stopwatch time study* pada proses pencucian galon bagian luar. Pengambilan data waktu dilakukan menggunakan *stopwatch* dalam satuan detik yang dibagi menjadi lima subgroup berdasar hari pengamatan dengan 10 kali replikasi.

Tabel 4.14 Data Waktu Proses Pencucian Galon Bagian Luar (Detik)

| Replikasi | Subgrup |       |       |       |       |
|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|
|           | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     |
| 1         | 3.61    | 3.59  | 3.69  | 6.05  | 4.47  |
| 2         | 4.26    | 4.67  | 4.23  | 3.08  | 4.16  |
| 3         | 3.39    | 3.65  | 4.00  | 2.86  | 4.75  |
| 4         | 3.36    | 2.70  | 4.14  | 3.30  | 4.69  |
| 5         | 3.85    | 4.25  | 4.60  | 3.74  | 4.48  |
| 6         | 4.94    | 4.53  | 4.75  | 4.14  | 4.30  |
| 7         | 3.42    | 4.89  | 4.66  | 3.59  | 3.99  |
| 8         | 4.63    | 4.68  | 4.70  | 4.18  | 5.77  |
| 9         | 3.89    | 5.03  | 5.26  | 6.76  | 4.06  |
| 10        | 4.53    | 3.70  | 4.24  | 4.47  | 5.12  |
| Jumlah    | 39.88   | 41.69 | 44.27 | 42.17 | 45.79 |
| Rata-rata | 3.988   | 4.169 | 4.427 | 4.217 | 4.579 |

Sumber: Data Primer

### 1. Uji Keseragaman

Uji keseragaman data dilakukan dengan menggunakan peta kontrol.

Berikut langkah-langkah yang digunakan dalam uji keseragaman:

- a. Menentukan nilai rata-rata subgrup:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{k} = \frac{3.988 + 4.169 + 4.427 + 4.217 + 4.579}{5} = 4.276$$

- b. Hitung standar deviasi data ( $\sigma$ )

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (x_{ij} - \bar{x})^2}{N - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{(3.61 - 4.276)^2 + (3.59 - 4.276)^2 + \dots + (5.12 - 4.276)^2}{50 - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{28.926}{49}} = 0.768 \end{aligned}$$

- c. Menghitung standar deviasi rata-rata subgroup.

$$\begin{aligned} \sigma_{\bar{x}} &= \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ \sigma_{\bar{x}} &= \frac{0.768}{\sqrt{5}} = 0.344 \end{aligned}$$

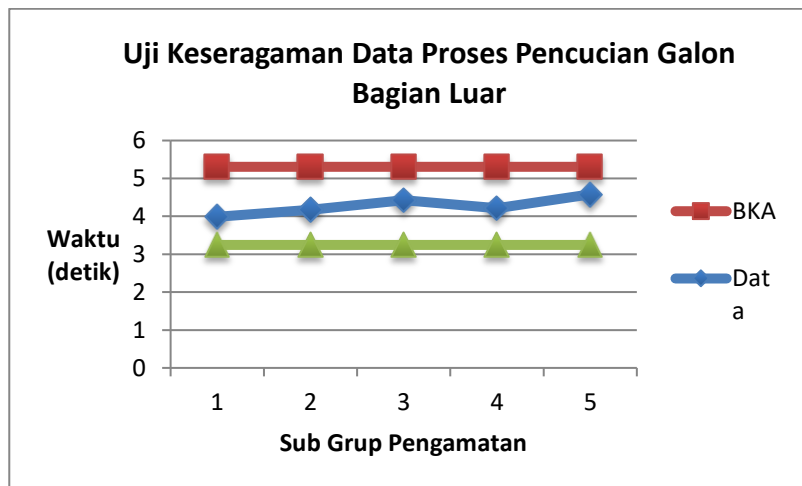
- d. Menentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB)

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \bar{x} + 3\sigma \\ &= 4.276 + 3(0.344) \\ &= 5.307 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BKB} &= \bar{x} - 3\sigma \\ &= 4.276 - 3(0.344) \\ &= 3.245 \end{aligned}$$

- e. Hasil uji keseragaman

Berdasarkan Gambar 4.14 dapat diketahui bahwa tidak ada data rata-rata yang berada diluar batas-batas kendali sehingga dapat disimpulkan data pengamatan proses proses pencucian galon bagian luar adalah seragam. Pengambilan data waktu untuk seluruh proses yang menggunakan STS dapat dilihat pada lampiran 7.



Gambar 4.14 Peta Kendali Keseragaman Data Proses proses pencucian galon bagian luar

## 2. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

Tingkat kepercayaan 95% (k) = 1,96

Derajat Ketelitian (s) = 0,05

$$N' = \left[ \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{1,96}{0,05} \sqrt{50 (943.13 - (213.8)^2)} \right]^2$$

$$= 48.62 \approx 49 \text{ pengamatan}$$

Karena  $N' < 50$ , maka data tersebut telah cukup. Untuk data uji kecukupan data pada aktivitas yang lain dapat dilihat pada Lampiran 7.

### 3. Penentuan *Performance Rating*

Pada tahap selanjutnya menentukan *Performance Rating* operator dengan menggunakan metode *The Westinghouse System*.

Tabel 4.15 *Performance Rating* Proses Pencucian Galon Bagian Luar

| Faktor                    | Kelas     | Lambang | Rating |
|---------------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan              | Excellent | B1      | +0,11  |
| Usaha                     | Excellent | B1      | +0,1   |
| Kondisi                   | Fair      | E       | -0,03  |
| Konsistensi               | Excellent | B       | +0,03  |
| Jumlah                    |           |         | +0,12  |
| <i>Performance Rating</i> |           |         | 1,12   |

Hasil dari *performance rating* untuk proses pencucian galon bagian luar adalah 1,21. Untuk hasil dari penentuan *performance rating* pada proses-proses yang lain dapat dilihat pada lampiran 7.

### 4. Penentuan *Allowance*

Setelah menentukan *Performance Rating* untuk operator, maka selanjutnya akan ditentukan faktor *allowance* (kelonggaran) untuk proses pencucian galon bagian luar dengan menggunakan standar ILO. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Faktor *Allowance* Pada Proses Penyabunan Galon Bagian Luar

|                           |                                    |    |
|---------------------------|------------------------------------|----|
| <i>Constant Allowance</i> | <i>Personal Allowance</i>          | 0  |
|                           | <i>Basic Fatigue Allowance</i>     | 4  |
| <i>Variable Allowance</i> | <i>Standing Allowance</i>          | 2  |
|                           | <i>Abnormal position Allowance</i> | 0  |
|                           | <i>Muscular Energi</i>             | 0  |
|                           | <i>Bad Light</i>                   | 0  |
|                           | <i>Atmospheric Conditions</i>      | 5  |
|                           | <i>Near / Close Attention</i>      | 0  |
|                           | <i>Noise Level</i>                 | 0  |
|                           | <i>Mental Strain</i>               | 1  |
|                           | <i>Monotony</i>                    | 1  |
|                           | <i>Tediousness</i>                 | 0  |
| Total                     |                                    | 13 |

Dari hasil penentuan *allowance* pada proses pencucian galon bagian luar dengan berdasarkan pada kondisi yang ada ditentukan *allowance* sebesar 35%. Penentuan *allowance* pada proses yang lain dapat diketahui pada Lampiran 7. Setelah didapatkan nilai *performance rating* dan *allowance* kemudian dilakukan perhitungan waktu normal dan waktu standar. Berikut ini adalah contoh perhitungan waktu normal dan waktu standar dari proses pencucian galon bagian luar.

1. Waktu Normal ( $W_n$ )

$$\begin{aligned}
 W_n &= \text{Waktu rata-rata} \times \text{performance Rating} \\
 &= 4.276 \times 1,21 \\
 &= 5.174 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

2. Waktu Standar ( $W_s$ )

$$\begin{aligned}
 W_s &= \text{waktu normal} \times \frac{100\%}{100\% - \%allowance} \\
 &= 5.174 \times \frac{100\%}{100\% - 13\%} = 5.95 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Untuk pengukuran waktu dengan STS dapat dilihat pada lampiran 7. Dari pengukuran STS yang telah dilakukan maka didapatkan hasil uji keseragaman data dan uji kecukupan data adalah sebagai berikut:



Tabel 4.17 Hasil Uji keseragaman

| No. | Proses  | Uji Keseragaman |        |        | Keterangan |
|-----|---|-----------------|--------|--------|------------|
|     |   | Rata-rata       | BKA    | BKB    |            |
| 1   | Proses pencucian luar galon   | 4.276           | 5.307  | 3.245  | Seragam    |
| 2   | Pemindahan galon dari pencucian luar menuju pembilasan luar galon             | 1.591           | 1.968  | 1.215  | Seragam    |
| 3   | Proses pembilasan luar galon  | 2.381           | 2.789  | 1.973  | Seragam    |
| 4   | Pemindahan galon dari WS pencucian luar galon menuju WS pencucian dalam galon | 1.876           | 2.192  | 1.56   | Seragam    |
| 5   | Proses penyabunan dalam galon   | 2.192           | 2.569  | 1.815  | Seragam    |
| 6   | Pemindahan galon dari penyabunan dalam galon menuju pembilasan dalam galon    | 3.202           | 3.750  | 2.654  | Seragam    |
| 7   | Proses pembilasan galon dalam   | 6.152           | 7.166  | 5.139  | Seragam    |
| 8   | Pemindahan galon dari WS pencucian dalam galon menuju WS pengisian            | 5.929           | 6.942  | 4.915  | Seragam    |
| 9   | Proses Pengisian air jadi ke dalam kemasan Galon                              | 27.858          | 30.939 | 24.775 | Seragam    |
| 10  | Pemindahan AMDK galon ke gudang jadi  | 8.290           | 9.338  | 7.222  | Seragam    |
| 11  | Proses pemberian seal   | 2.995           | 3.536  | 2.454  | Seragam    |
| 12  | Proses perekatan seal dengan <i>heat gun</i>                                  | 3.159           | 3.704  | 2.614  | Seragam    |

Tabel 4.18 Hasil Uji Kecukupan Data

| No. | Proses  | N  | N' | Keterangan |
|-----|---|----|----|------------|
| 1   | Proses pencucian luar galon   | 50 | 49 | Cukup      |
| 2   | Pemindahan galon dari pencucian luar menuju pembilasan luar galon             | 60 | 57 | Cukup      |
| 3   | Proses pembilasan luar galon  | 50 | 49 | Cukup      |
| 4   | Pemindahan galon dari WS pencucian luar galon menuju WS pencucian dalam galon | 70 | 67 | Cukup      |
| 5   | Proses penyabunan dalam galon   | 55 | 55 | Cukup      |
| 6   | Pemindahan galon dari penyabunan dalam galon menuju pembilasan dalam galon    | 60 | 59 | Cukup      |
| 7   | Proses pembilasan galon dalam   | 50 | 46 | Cukup      |
| 8   | Pemindahan galon dari WS pencucian dalam galon menuju WS pengisian            | 50 | 49 | Cukup      |
| 9   | Proses Pengisian air jadi ke dalam kemasan Galon                              | 25 | 11 | Cukup      |
| 10  | Pemindahan AMDK galon ke gudang jadi  | 50 | 28 | Cukup      |
| 11  | Proses pemberian seal   | 75 | 72 | Cukup      |
| 12  | Proses perekatan seal dengan <i>heat gun</i>                                  | 50 | 50 | Cukup      |

Pada Tabel 4.18 menunjukkan hasil perhitungan waktu normal dan waktu standar untuk berbagai proses dengan menggunakan *stopwatch time study* dalam satuan detik.

Tabel 4.19 Data Waktu Normal dan Waktu Standar Proses Sterilisasi Galon Dalam Detik

| No. | Proses  | Waktu Rata-rata | Performance Rating | Waktu Normal | Allowance | Waktu Standar |
|-----|---|-----------------|--------------------|--------------|-----------|---------------|
| 1   | Proses pencucian luar galon   | 4.276           | 1.21               | 5.174        | 13        | 5.95          |
| 2   | Pemindahan galon dari pencucian luar menuju pembilasan luar galon             | 1.591           | 1.21               | 1.925        | 13        | 2.21          |
| 3   | Proses pembilasan luar galon  | 2.381           | 1.21               | 2.881        | 17        | 3.47          |
| 4   | Pemindahan galon dari WS pencucian luar galon menuju WS pencucian dalam galon | 1.876           | 1.21               | 2.27         | 13        | 2.61          |
| 5   | Proses penyabunan dalam galon   | 2.192           | 1.24               | 2.718        | 17        | 3.28          |
| 6   | Pemindahan galon dari penyabunan dalam galon menuju pembilasan dalam galon    | 3.202           | 1.24               | 4.034        | 13        | 4.64          |
| 7   | Proses pembilasan galon dalam   | 6.152           | 1.27               | 7.81         | 17        | 9.41          |
| 8   | Pemindahan galon dari WS pencucian dalam galon menuju WS pengisian            | 5.929           | 1.27               | 7.53         | 15        | 8.86          |
| 9.  | Proses Pengisian air jadi ke dalam kemasan Galon                              | 27.858          | 1.2                | 33.429       | 17        | 40.28         |
| 10  | Pemindahan AMDK galon ke gudang jadi  | 8.290           | 1.2                | 9.936        | 24        | 13.07         |
| 11  | Proses pemberian seal   | 2.995           | 1.26               | 3.774        | 13        | 4.34          |
| 12  | Proses perekatan seal dengan <i>heat gun</i>                                  | 3.159           | 1.26               | 3.98         | 13        | 4.58          |

Sumber: Data Primer

### C. Perhitungan Waktu Proses Pencucian Mesin (*Sand Filter*) dengan Rata-rata dan Regresi Linier Berganda

Beberapa proses terutama pada proses pencucian mesin tidak dapat dilakukan pengukuran dengan menggunakan STS. Hal ini disebabkan oleh waktu yang dihasilkan diduga dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu sehingga waktu yang dihasilkan tidak sama. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rata-rata (Tabel 4.23 yang berwarna merah) dan dengan regresi linier berganda (Tabel 4.23 yang berwarna hijau). Pengamatan dilakukan dengan melakukan pengamatan sebanyak 13 kali. Hasil dari pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.23

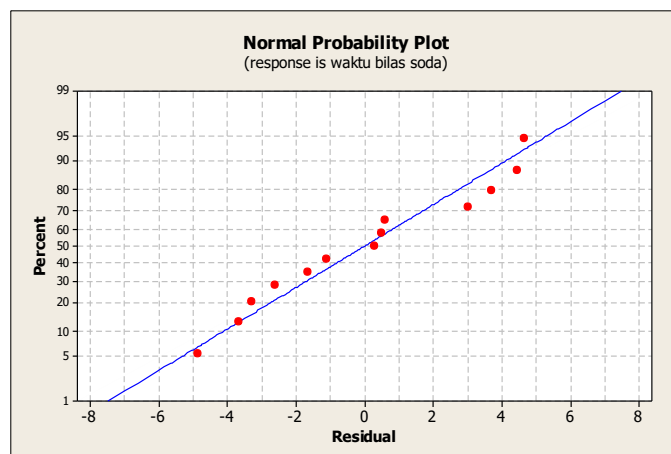
Tabel 4.20 Hasil Pengamatan Proses Pencucian Mesin *Sand Filter*

| Hari  | TDS Air BB | TDS Sebelum Cuci | TDS Air Setengah Jadi | TDS Setelah Bilas Soda | TDS Setelah Bilas HCL | TDS Setelah Bilas Keduanya | TDS Mesin Siap | Lama Bilas Pipa Soda (menit) | Lama Bilas Pipa HCL (menit) | Lama Endap Soda (menit) | Lama Endap HCL (menit) | Waktu Bilas Soda (menit) | Waktu Bilas HCL (menit) | Waktu Bilas Keduanya (menit) | Waktu bilas air ½ jadi (menit) |
|-------|------------|------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1     | 187        | 10               | 10                    | 289                    | 208                   | 71                         | 6              | 5                            | 2                           | 35                      | 71                     | 26                       | 12                      | 4                            | 72                             |
| 2     | 188        | 9                | 9                     | 295                    | 205                   | 26                         | 5              | 6                            | 3                           | 41                      | 78                     | 21                       | 18                      | 3                            | 71                             |
| 3     | 202        | 10               | 10                    | 295                    | 200                   | 73                         | 6              | 5                            | 3                           | 32                      | 64                     | 20                       | 17                      | 3                            | 58                             |
| 4     | 202        | 44               | 44                    | 284                    | 200                   | 66                         | 7              | 5                            | 3                           | 42                      | 80                     | 23                       | 12                      | 5                            | 66                             |
| 5     | 189        | 22               | 22                    | 235                    | 171                   | 79                         | 5              | 6                            | 2                           | 42                      | 77                     | 24                       | 11                      | 4                            | 76                             |
| 6     | 234        | 210              | 213                   | 254                    | 184                   | 82                         | 6              | 4                            | 3                           | 33                      | 58                     | 17                       | 10                      | 3                            | 72                             |
| 7     | 204        | 32               | 32                    | 282                    | 169                   | 70                         | 6              | 5                            | 3                           | 30                      | 68                     | 25                       | 14                      | 3                            | 68                             |
| 8     | 190        | 192              | 107                   | 264                    | 163                   | 59                         | 6              | 5                            | 2                           | 31                      | 33                     | 11                       | 10                      | 3                            | 83                             |
| 9     | 181        | 134              | 32                    | 243                    | 145                   | 69                         | 6              | 4                            | 2                           | 31                      | 31                     | 10                       | 5                       | 2                            | 52                             |
| 10    | 179        | 51               | 43                    | 256                    | 193                   | 70                         | 6              | 5                            | 2                           | 37                      | 42                     | 14                       | 10                      | 3                            | 53                             |
| 11    | 184        | 185              | 86                    | 264                    | 183                   | 83                         | 6              | 4                            | 2                           | 20                      | 31                     | 12                       | 8                       | 5                            | 56                             |
| 12    | 193        | 43               | 11                    | 244                    | 172                   | 79                         | 6              | 6                            | 2                           | 30                      | 34                     | 13                       | 10                      | 2                            | 64                             |
| 13    | 193        | 187              | 67                    | 270                    | 134                   | 78                         | 5              | 5                            | 3                           | 30                      | 28                     | 8                        | 10                      | 3                            | 50                             |
| Total | 2526       | 1129             | 686                   | 3475                   | 2327                  | 905                        | 76             | 65                           | 32                          | 434                     | 695                    | 224                      | 147                     | 43                           | 841                            |
| Rata2 | 194.3      | 86.8             | 52.8                  | 267.3                  | 179.0                 | 69.6                       | 5.8            | 5                            | 2.5                         | 33.4                    | 53.5                   | 17.2                     | 11.3                    | 3.3                          | 64.7                           |

- a. Tidak ada standar waktu pencucian pipa dari bahan kimia soda dan HCL. Lama waktu pencucian bergantung pada ketanggapan operator dalam memeriksa keadaan air apakah telah kesat (tidak licin). Rata-rata waktu untuk pembilasan pipa dari soda adalah 5 menit sedangkan rata-rata waktu untuk pembilasan pipa dari HCL adalah 2.5 menit
- b. Standar waktu pengendapan untuk masing-masing tangki sand filter adalah 30 menit. Dari hasil pengukuran didapatkan bahwa waktu pengendapan soda yang dilakukan oleh operator adalah 33.4 menit, sedangkan waktu rata-rata pengendapan HCL yang dilakukan oleh operator adalah 53.5 menit. Perbedaan waktu setiap pengendapan dipengaruhi oleh ketanggapan operator dalam melakukan proses pencucian mesin.
- c. Contoh Perhitungan Regresi Linier Berganda untuk Waktu Bilas Soda
- Faktor yang berpengaruh:
- TDS air bahan baku
  - TDS sebelum cuci
  - TDS setelah bilas soda
  - Lama pengendapan soda

### Hasil regresi linier berganda dengan Minitab 16

Hasil Uji normalitas waktu bilas soda



Gambar 4.15 Hasil Uji normalitas waktu bilas soda

Persamaan regresi

$$\text{Waktu bilas soda} = -26.6 + 0.165 \text{ TDS air Bahan Baku} - 0.0537 \text{ TDS} \\ \text{sebelum cuci} + 0.0446 \text{ TDS setelah bilas soda} + 0.136 \\ \text{Lama endap soda}$$

Regresi Square = 73.7 %

**Uji Validasi :**

Air BB = 187

TDS sebelum dicuci = 10

TDS setelah dibilas = 289

Lama endap soda = 35

$$\text{Persamaan regresi} = -26.6 + (0.165 \times 187) - (0.0537 \times 10) + (0.0446 \times \\ 289) + (0.136 \times 35) = 21.37$$

Lama waktu bilas soda aktual = 26

Persentase prediksi = 82%

Perhitungan regresi dilakukan pada pengukuran waktu untuk pembilasan HCL, pembilasan kedua tangki, dan Pembilasan dengan air setengah jadi (air *intermediate*). Dari hasil uji validasi perhitungan rata-rata dan regresi linier berganda didapatkan waktu untuk proses pencucian tangki *sand filter* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.21 Rekapitan Waktu Proses Pencucian Tangki *Sand Filter*

| Aktivitas                            | Waktu Aktual       |
|--------------------------------------|--------------------|
| Pengisian air untuk cuci HCL         | 40 detik           |
| Memasukkan kedalam tangki HCL        | 120 detik          |
| Pengisian air untuk Cuci Soda        | 100 detik          |
| Memasukkan Soda kedalam tangki       | 300 detik          |
| Lama bilas pipa soda                 | 5 menit            |
| Lama bilas pipa HCL                  | 2 menit            |
| Lama pengendapan Soda                | 35 menit           |
| Lama pengendapan HCL                 | 71 menit           |
| Waktu bilas soda                     | 26 menit           |
| Waktu bilas HCL                      | 12 menit           |
| Waktu bilas kedua tangki             | 4 menit            |
| Waktu bilas dengan air setengah jadi | 72 menit           |
| Total Waktu                          | 196 menit 20 detik |

Aktivitas yang berwarna hijau pada Tabel 4.21 tidak diertimbangkan dalam pengukuran waktu total proses pencucian mesin. Hal ini disebabkan oleh proses pencucian tangki HCL dilakukan terlebih dahulu hingga proses pengendapan HCL dimulai. Ketika proses pengendapan HCL maka proses pencucian soda dan pengendapan soda dilakukan. Oleh karena itu waktu pengendapan soda tidak dipertimbangkan karena sudah mencakup pada proses pengendapan HCL. Dari perhitungan maka waktu total untuk proses pencucian mesin adalah 196 menit 20 detik.

#### **4.4.2.2 Tingkat Persediaan Tahap Manufaktur PT X**

Pada tahap manufaktur PT X tidak memiliki WIP

#### **4.4.2.3 Kualitas Tahap Manufaktur PT X**

Pada tahap manufaktur terdapat dua jenis cacat yaitu cacat pada produk jadi dan cacat pada penggunaan kemasan. Kualitas bahan penolong kemasan yang dibeli pada supplier tidak dilakukan inspeksi mendalam pada awal pembelian sehingga kerusakan beberapa jenis material dapat diketahui dari proses produksi ketika kemasan tersebut rusak ketika digunakan. Berikut ini merupakan kriteria cacat pada bahan penolong kemasan

1. Galon : Bocor, pecah, kotor ngeplek, berlumut, bau yang menempel
2. Tutup galon : Tidak rapat, bocor
3. Seal galon : Sobek, susah dibuka, warna buram
4. Stiker : warna buram
5. Tisu : terbuka, kering, kotor, dan warna buram

Tabel 4.22 Kualitas Kemasan Tahap Manufaktur

| Bulan                | Galon Baru  |          | Tutup Galon    |           | Tisu         |          | Stiker Galon |          | Seal Galon    |            |
|----------------------|-------------|----------|----------------|-----------|--------------|----------|--------------|----------|---------------|------------|
|                      | Material    | Cacat    | Material       | Cacat     | Material     | Cacat    | Material     | Cacat    | Material      | Cacat      |
| November             | 143         | 0        | 4770           | 12        | 5000         | 0        | 2600         | 0        | 5000          | 61         |
| Desember             | 250         | 0        | 2120           | 25        | 5000         | 0        | 0            | 0        | 4400          | 51         |
| Januari              | 500         | 0        | 5838           | 21        | 10000        | 0        | 0            | 0        | 5000          | 106        |
| Februari             | 300         | 0        | 7570           | 16        | 5000         | 0        | 2600         | 0        | 5000          | 158        |
| Maret                | 470         | 0        | 3229           | 24        | 5000         | 0        | 0            | 0        | 5000          | 197        |
| <b>TOTAL</b>         | <b>1663</b> | <b>0</b> | <b>23527</b>   | <b>98</b> | <b>30000</b> | <b>0</b> | <b>5200</b>  | <b>0</b> | <b>24400</b>  | <b>573</b> |
| <b>Rata-rata</b>     | <b>333</b>  | <b>0</b> | <b>4705</b>    | <b>20</b> | <b>6000</b>  | <b>0</b> | <b>2600</b>  | <b>0</b> | <b>4880</b>   | <b>115</b> |
| <b>% Produk Baik</b> | <b>100%</b> |          | <b>99.58 %</b> |           | <b>100%</b>  |          | <b>100 %</b> |          | <b>97.65%</b> |            |

Sumber: Data Sekunder

Dari Tabel 4.22 Maka diketahui bahwa material yang mudah rusak adalah seal galon. Hal ini disebabkan oleh seal galon terbuat dari plastik yang mudah sobek. Kerusakan seal galon pada umumnya disebabkan oleh pekerja yang kurang hati-hati dalam memasang seal pada tutup galon. Material kedua yang mudah rusak adalah tutup galon, Kerusakan pada tutup galon pada umumnya disebabkan oleh kualitas yang buruk ketika didapatkan sedangkan tingkat kerusakan tutup galon akibat pekerja jarang terjadi.

Produk AMDK galon dianggap cacat ketika kemasan rusak, air kotor, dan isi kurang dari 19 liter. PT X masih belum menerapkan pencatatan jumlah produk cacat yang dihasilkan dari setiap tahap siklus hidup produk. Sehingga pada tahap ini dilakukan pengukuran dan diskusi kepada manajer produksi untuk tahap manufaktur dan pihak distributor untuk tahap distribusi. Dari hasil wawancara kepada manajer produksi didapatkan bahwa produk cacat yang sering terjadi pada PT X kemasan galon adalah isi air kurang dari 19 liter. Berikut ini merupakan hasil pengukuran produk cacat selama 5 hari pengamatan pada tahap manufaktur.

Tabel 4.23 Produk Cacat

| Hari                     | Jumlah Cacat | Jumlah produksi |
|--------------------------|--------------|-----------------|
| 1                        | 3            | 74              |
| 2                        | 2            | 94              |
| 3                        | 2            | 82              |
| 4                        | 1            | 70              |
| 5                        | 3            | 73              |
| <b>TOTAL</b>             | <b>11</b>    | <b>393</b>      |
| <b>Kualitas = 97,2 %</b> |              |                 |

Dari hasil pengamatan diketahui bahwa produk memiliki kualitas sebesar 97.2 %. Adanya produk cacat pada produk jadi disebabkan oleh:

1. Kelalaian operator dalam ketepatan pengisian jumlah air galon
2. Air terkontaminasi oleh debu dan kotoran ketika proses pengisian galon
3. kebocoran pada tutup galon sehingga ketika proses transfer dari *workstation filling* air menetes keluar.

Namun produk cacat ini dapat teridentifikasi oleh operator ketika proses pengemasan sehingga dapat segera diperbaiki.

#### 4.4.2.4 Konsumsi Material Tahap Manufaktur PT X

Pada tahap manufaktur konsumsi material yang terjadi secara langsung adalah konsumsi bahan kimia HCL dan soda kaustik untuk proses pencucian mesin. Setiap proses pencucian membutuhkan 3 liter HCL dan 3.5 soda kaustik. Selain dalam proses pencucian mesin, konsumsi material juga terdapat pada bahan packaging galon. Bahan packaging galon terdiri dari:

- 1) Galon: memiliki berat 750 gram
- 2) Tutup galon: memiliki berat 5 gram
- 3) Tisu: memiliki berat 0.4 gram
- 4) Seal Tutup Galon: memiliki berat 0.01 gram
- 5) Stiker galon : memiliki berat 0.01 gram

Konsumsi material pada setiap tahapan proses dapat dilihat pada tabel 4.28

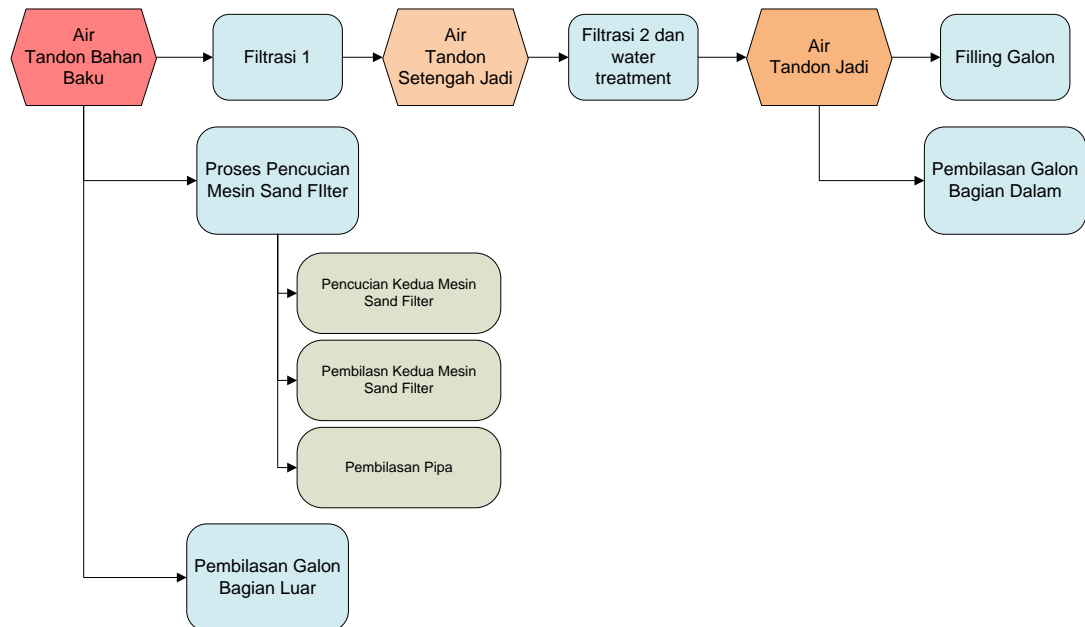
Tabel 4.24 Konsumsi Material Tahap Manufaktur

| Proses          | Material     | Masuk                       | Keluar                      | Total               |
|-----------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Pencucian Mesin | HCL          | 3 liter setiap 5200 liter   | 3 liter setiap 5200 liter   | 6.5 liter           |
|                 | Soda kaustik | 3.5 liter setiap 5200 liter | 3.5 liter setiap 5200 liter |                     |
| Filling         | Galon        | 1 (750 gram) / galon        | -                           | 755.01<br>gram/unit |
|                 | Tutup galon  | 1 (5 gram) / galon          | -                           |                     |
|                 | Stiker galon | 1 (0.01 gram) / galon       | -                           |                     |
| Packaging       | Seal         | 1 (0.01 gram) / galon       | -                           | 0.41<br>gram/unit   |
|                 | Tisu         | 1 (0.4 gram) / galon        | -                           |                     |



#### 4.4.2.5 Konsumsi Air Tahap Manufaktur PT X

Pada proses ini terdapat berbagai aktivitas yang membutuhkan konsumsi air dalam pelaksanaannya. Alur dari konsumsi air dapat dilihat pada gambar 4.16



Gambar 4.16 Alur Konsumsi Air pada Tahap Manufaktur

Dari Gambar 4.16 Dapat diketahui bahwa air bahan baku akan digunakan untuk proses produksi produk jadi, pencucian mesin sand filter 1 dan 2, pembilasan mesin sand filter 1 dan 2, pembilasan pipa dari bahan kimia, dan pembilasan galon bagian luar. Sedangkan air setengah jadi akan digunakan pada proses produk jadi. Air jadi pada tendon jadi akan digunakan untuk pengisian galon dan pembilasan galon bagian dalam. Berikut ini merupakan estimasi konsumsi air pada PT X dari hasil pengukuran yang dilakukan.

Tabel 4.25 Estimasi konsumsi air pada PT X dari hasil pengukuran.

| Proses                           | Aktivitas  | Sumber                   | Masuk / awal proses (liter) | Keluar (Akhir Proses)          |                        |
|----------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|
|                                  |  |                          |                             | Dibuang (loss) (liter)         | Menjadi produk (liter) |
| Pengisian Tandon Bahan Baku Air  | -  | Air PAM                  | 9000                        | -                              | -                      |
| Filtrasi 1                       | -  | Tandon Bahan Baku Air    | 5200                        | -                              | 5200                   |
| Water Treatment                  | Filtrasi 2, mikro filter, UV & Ozonisasi         | Tandon Air Setengah Jadi | 5200                        | -                              | 5200                   |
| Pengisian Air pada Kemasan Galon | -  | Tandon Air Jadi          | 19                          | -                              | 19                     |
| Proses Pencucian                 | Campuran air dan HCL                             | Tandon Bahan Baku Air    | 12                          | 12                             | -                      |
|                                  | Campuran air dan Soda                            | Tandon Bahan Baku Air    | 30                          | 30                             | -                      |
|                                  | Bilas pipa dari HCL                              | Tandon Bahan Baku Air    | 75                          | 75                             | -                      |
|                                  | Bilas pipa dari soda                             | Tandon Bahan Baku Air    | 37.5                        | 37.5                           | -                      |
|                                  | Pembilasan tangki HCL                            | Tandon Bahan Baku Air    | 936                         | 936                            | -                      |
|                                  | Pembilasan tangki soda                           | Tandon Bahan Baku Air    | 432                         | 432                            | -                      |
|                                  | Pembilasan kedua tangki                          | Tandon Bahan Baku Air    | 144                         | 144                            | -                      |
|                                  | Pembilasan kedua tangki dengan air setengah jadi | Tandon Air Setengah Jadi | 2592                        | -                              | 2592                   |
|                                  | Total  |                          | 4258.5 / batch              | 1666.5/ batch = 6.94 L / galon | 2592 / batch           |
| Filling (pergalon)               | Pengisian pada kemasan Galon                     | Tandon Air Jadi          | 20.3                        | 1.3                            | 19                     |
| Sterilisasi Galon (pergalon)     | Pembilasan luar galon                            | Tandon Bahan Baku Air    | 1.2                         | 1.2                            | -                      |
|                                  | Pembilasan dalam galon                           | Tandon Air Jadi          | 1.3                         | 1.3                            | -                      |
|                                  | Total  |                          | 2.5                         | 2.5                            | -                      |

Dari Tabel 4.25 Diketahui bahwa konsumsi air PT X adalah 1666.5 liter untuk setiap proses pencucian filter (back wash filter), 2.5 liter setiap proses sterilisasi galon, dan 19 liter air untuk produk AMDK galon.

#### 4.4.2.6 Konsumsi Energi Tahap Manufaktur PT X

Pada tahap manufaktur energi yang digunakan adalah energi listrik untuk proses produksi. Pada tahap ini energi bahan bakar tidak digunakan karena proses perpindahan material dilakukan secara manual yaitu dengan menggunakan tenaga

kerja pekerja. Konsumsi energi listrik pada tahap manufaktur dengan menggunakan pompa air listrik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.26 Tabel Konsumsi Energi PT X

| Proses   |   | Alat                       | Daya      | Waktu      | Total Kwh |
|--|---|----------------------------|-----------|------------|-----------|
| Filtrasi 1                                       |   | Pompa 1                    | 600 watt  | 140 menit  | 1.4000    |
| Back Wash (pencucian <i>sand filter</i> 1 dan 2) | Pengisian air soda pada tangki penolong     | Pompa 1                    | 600 watt  | 40 detik   | 0.0067    |
|  | Memasukkan campuran ke sand filter 1        | Pompa 2                    | 125 watt  | 120 detik  | 0.0042    |
|  | Pembilasan pipa dari Soda                   | Pompa 1                    | 600 watt  | 5 menit    | 0.0500    |
|  |   | Pompa 2                    | 125 watt  | 5 menit    | 0.0104    |
|  | Pengisian air HCL pada tangki penolong      | Pompa 1                    | 600 watt  | 100 detik  | 0.0167    |
|  | Memasukkan campuran ke <i>sand filter 2</i> | Pompa 2                    | 125 watt  | 300 detik  | 0.0104    |
|  | Pembilasan pipa dari HCL                    | Pompa 1                    | 600 watt  | 2 menit    | 0.0200    |
|  |   | Pompa 2                    | 125 watt  | 2 menit    | 0.0042    |
|  | Pembilasan Soda                             | Pompa 1                    | 600 watt  | 26 menit   | 0.2600    |
|  | Pembilasan HCL                              | Pompa 1                    | 600 watt  | 12 menit   | 0.1200    |
| Pembilasan kedua tangki                          | Pompa 1                                     | 600 watt                   | 4 menit   | 0.0400     |           |
| Pembilasan dengan air setengah jadi              | Pompa 1                                     | 600 watt                   | 72 menit  | 0.7200     |           |
| Filtasi 2  | Filtrasi 2                                  | pompa 1                    | 600 watt  | 60 menit   | 0.6000    |
|  | Penyinaran UV                               | UV                         | 32 watt   | 60 menit   | 0.032     |
|  | Ozonisasi                                   | Ozon                       | 24        | 60 menit   | 0.024     |
| Perekatan seal                                   |   | <i>Heat gun</i>            | 1600 watt | 4.34 detik | 0.0019    |
| Sterilisasi Galon                                | Penyabunan Galon Bagian Dalam               | Mesin Penyikat Galon Dalam | 125 watt  | 3.28 detik | 0.0001    |
|  | Pembilasan Galon Bagian Dalam               | Mesin Pembilas Galon Dalam | 125 watt  | 9.41 detik | 0.0003    |

Contoh perhitungan konsumsi energi proses filtrasi 1 dalam satuan (Kwh) adalah sebagai berikut:

$$E \text{ (Kwh)} = \frac{P \text{ (watt)} \times t \text{ (jam)}}{1000}$$

$$E \text{ Filtrasi 1 (Kwh)} = \frac{600 \times (\frac{140}{60})}{1000}$$

$$= 1.4 \text{ Kwh}$$

#### 4.4.2.7 Emisi Tahap Manufaktur PT X

Pada tahap manufaktur tidak digunakan bahan bakar yang menghasilkan emisi GRK.

#### 4.4.2.8 Tanah Tahap Manufaktur PT X

PT X memiliki tanah dengan luas total 600 m<sup>2</sup>. Penggunaan area pada PT X adalah sebagai berikut:

Tabel 4.27 Pemanfaatan lahan (Area) PT X

| Area                         | Panjang (meter) | Lebar (meter) | Luas (m <sup>2</sup> ) |
|------------------------------|-----------------|---------------|------------------------|
| Tandon setengah jadi         | 2               | 4             | 8 m <sup>2</sup>       |
| Water Treatment Area         | 6.3             | 4.8           | 30.2 m <sup>2</sup>    |
| Area sterilisasi galon luar  | 2.4             | 1.5           | 3.6 m <sup>2</sup>     |
| Area sterilisasi galon dalam | 2.4             | 3.3           | 7.9 m <sup>2</sup>     |
| Area filling                 | 3.9             | 3             | 11.7 m <sup>2</sup>    |
| Area produksi cup            | 6               | 6             | 36 m <sup>2</sup>      |
| Area Lahan Hijau             | 6               | 4             | 24 m <sup>2</sup>      |
| <b>Total</b>                 |                 |               | 121.4 m <sup>2</sup>   |

Dari hasil Tabel 4.27 dapat diketahui bahwa total area yang digunakan untuk memproduksi AMDK Galon PT X adalah 121.4

#### 4.4.2.9 Pengelolaan Limbah

Pada tahap manufaktur limbah yang dihasilkan adalah limbah cair dan gas.

1. Limbah cair hasil pencucian mesin yaitu air dengan campuran bahan kimia HCL dan soda kaustik. Sesuai dengan perhitungan pada Tabel 4.26 limbah cair akibat proses pencucian mesin adalah 1666.5 liter setiap pencucian.
2. Limbah cair hasil proses sterilisasi galon yaitu air dengan campuran sabun. Sesuai dengan perhitungan pada Tabel 4.26 limbah cair akibat proses sterilisasi galon adalah 2.5 liter setiap galonnya. Rata-rata jumlah produksi perbulan adalah 6000 unit galon. Sehingga limbah cair yang disebabkan oleh proses sterilisasi galon adalah 15.000 liter perbulan.
3. Limbah padat yang dihasilkan dari proses manufaktur adalah kemasan seal, stiker, tutup galon, tisu, dan galon yang rusak sehingga tidak dapat

digunakan. Tabel 4.28 merupakan jumlah unit limbah padat yang dihasilkan pada Bulan November 2016 hingga Maret 2017.

Tabel 4.28 Limbah Padat Tahap Manufaktur

| Kemasan                     | Rata-rata | Berat<br>(Gram/unit) | Total Limbah<br>(gram) |
|-----------------------------|-----------|----------------------|------------------------|
| Galon baru                  | 0         | 750                  | 0                      |
| Tutup galon                 | 20        | 5                    | 100                    |
| Seal galon                  | 115       | 0.01                 | 1.15                   |
| Tisu                        | 0         | 0.4                  | 0                      |
| Stiker galon                | 0         | 0.01                 | 0                      |
| Total Limbah Padat perbulan |           |                      | 101.15 gram            |

Limbah cair dan yang dihasilkan selama proses produksi masih belum ada pengelolaan, sehingga limbah cair yang dihasilkan langsung dibuang pada saluran pembuangan air. Limbah padat seperti tutup galon, seal, tisu, dan stiker akan dibuang (*landfill*), sedangkan untuk galon akan dijual pada pihak kedua (pengepul) untuk diolah kembali.

#### 4.4.2.10 Sosial Tahap Manufaktur PT X

PT X memiliki empat pekerja yang bertugas untuk melakukan proses produksi. Kondisi sosial pada tahap manufaktur yang terdiri dari kepuasan, kesehatan, keselamatan, dan pengembangan diri pekerja adalah sebagai berikut:

##### 1. Kepuasan

Tabel 4.29 Kepuasan Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan    | Jumlah | Persentase |
|---------------|--------|------------|
| Jml Pegawai   | 4      | 57 %       |
| Keluar        | 3      |            |
| Total pegawai | 7      |            |

Kepuasan pekerja produksi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kepuasan pekerja} &= \left( \frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( \frac{4}{7} \right) \times 100 \% \\
 &= 57 \%
 \end{aligned}$$

## 2. Kesehatan

Tabel 4.30 Kesehatan Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan        | Jumlah  | Persentase |
|-------------------|---------|------------|
| Jml Pegawai       | 4       | 97 %       |
| Izin sakit        | 12      |            |
| Jumlah hari kerja | 99 hari |            |

Kesehatan pekerja produksi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kesehatan pekerja} &= \left(1 - \frac{\text{jumlah hari pegawai izin sakit}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(1 - \frac{12}{4 \times 99}\right) \times 100 \% \\
 &= 97 \%
 \end{aligned}$$

## 3. Keselamatan

Tabel 4.31 Keselamatan Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan               | Jumlah  | Persentase |
|--------------------------|---------|------------|
| Jml Pegawai              | 4       | 100 %      |
| Total Kecelakaan (orang) | 0       |            |
| Jumlah hari              | 99 hari |            |

Keselamatan pekerja produksi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Keselamatan pekerja} &= \left(1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(1 - \frac{0}{4 \times 99}\right) \times 100 \% \\
 &= 100 \%
 \end{aligned}$$

## 4. Pengembangan Diri

Tabel 4.32 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan           | Jumlah | Efisiensi |
|----------------------|--------|-----------|
| Jml Pegawai Training | 0      | 0 %       |
| Total pegawai        | 4      |           |

Pengembangan diri pekerja produksi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase pengembangan diri} &= \left(\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{Total pegawai}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(\frac{0}{4}\right) \times 100 \% \\
 &= 0 \%
 \end{aligned}$$

#### 4.4.3 TAHAP DISTRIBUSI PT X

Produk AMDK yang telah selesai diproduksi akan disimpan didalam gudang untuk menunggu dikirim menuju retailer (91%) atau konsumen (9%). AMDK PT X mendistribusikan produknya pada daerah kota Malang, Batu, Tulungagung, Gresik, Sidoarjo, Bangkalan, dan Mojokerto. Distribusi produk dari pabrik menuju distributor dan konsumen dilakukan dengan menggunakan 2 pick up yang memiliki kapasitas masing-masing sebesar 70 unit galon. Tabel 4.33 merupakan 20 retailer yang memiliki jumlah permintaan terbesar

Tabel 4.33 Daftar 20 Reatailer terbesar PT X

| Retailer | Kota       | Juli | Agustus | Sept | Okt | Nov | Des | Jan | Feb | Total | Rata2 |
|----------|------------|------|---------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
| A        | Malang     | 447  | 688     | 769  | 694 | 778 | 677 | 657 | 653 | 5,363 | 670   |
| B        | Bululawang | 628  | 752     | 676  | 616 | 662 | 458 | 710 | 423 | 4,925 | 616   |
| C        | Sidoarjo   | 285  | 700     | 489  | 490 | 630 | 419 | 488 | 494 | 3,995 | 499   |
| D        | Malang     | 407  | 440     | 435  | 425 | 394 | 430 | 436 | 365 | 3,332 | 417   |
| E        | Turen      | 296  | 291     | 309  | 366 | 367 | 287 | 321 | 314 | 2,551 | 319   |
| F        | Turen      | 239  | 236     | 178  | 275 | 251 | 228 | 231 | 157 | 1,795 | 224   |
| G        | Malang     | 207  | 194     | 225  | 202 | 201 | 178 | 149 | 169 | 1,525 | 191   |
| H        | Madura     | 189  | 138     | 199  | 245 | 110 | 153 | 160 | 160 | 1,354 | 169   |
| I        | Wonokerto  | 135  | 115     | 121  | 123 | 115 | 169 | 103 | 92  | 973   | 122   |
| J        | Turen      | -    | -       | -    | -   | -   | -   | 540 | 330 | 870   | 435   |
| K        | Malang     | 77   | 142     | 120  | 150 | 135 | 18  | 119 | 100 | 861   | 108   |
| L        | Malang     | 88   | 119     | 109  | 125 | 108 | 104 | 88  | 87  | 828   | 104   |
| M        | Malang     | 66   | 108     | 92   | 85  | 137 | 126 | 70  | 104 | 788   | 99    |
| N        | Singosari  | 78   | 84      | 99   | 94  | 97  | 93  | 100 | 74  | 719   | 90    |
| O        | Turen      | 79   | 94      | 97   | 92  | 92  | 72  | 94  | 69  | 689   | 86    |
| P        | Malang     | 27   | 63      | 96   | 113 | 103 | 48  | 124 | 79  | 653   | 82    |
| Q        | Malang     | 60   | 89      | 96   | 77  | 67  | 56  | 103 | 65  | 613   | 77    |
| R        | Malang     | 41   | 82      | 82   | 91  | 79  | 49  | 65  | 82  | 571   | 71    |
| S        | Gedangan   | 120  | 77      | 70   | 60  | 65  | 70  | 39  | 70  | 571   | 71    |
| T        | Malang     | 34   | 37      | 84   | 71  | 89  | 67  | 76  | 52  | 510   | 64    |

Dari hasil data tersebut dapat diketahui bahwa retailer A merupakan retailer yang memiliki jumlah permintaan terbesar selama 8 bulan terakhir terhadap AMDK Galon terbesar. Pada penelitian ini Retailer A dipilih menjadi objek penelitian.

#### 4.4.3.1 Perhitungan Waktu Tahap Distribusi PT X

##### A. Perhitungan Lama Simpan Pada Gudang

Tingkat persediaan produk jadi pada gudang PT X dapat dilihat pada Tabel 4.38. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa waktu simpan produk dalam gudang untuk menunggu didistribusikan kepada konsumen adalah 1 hingga 2 hari. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah produksi PT X telah mampu memenuhi kebutuhan konsumen. Namun terdapat beberapa kali PT X memiliki stock yang kurang sehingga menyebabkan waktu kirim kepada konsumen ditunda 1 hari. Hal ini mengartikan bahwa PT X perlu untuk meningkatkan performansi dalam meningkatkan jumlah produksi.

##### B. Perhitungan Waktu Lama Pengiriman pada Retailer

Perhitungan waktu pengiriman kepada retailer dihitung dengan melakukan pengamatan selama beberapa hari. PT X memiliki tiga tipe rute untuk mengelompokkan area dari retailer.

Rute 1 = rute dalam kota malang

Rute 2 = rute kabupaten Malang

Rute 3 = rute luar kota Malang

Tabel 4.34 merupakan hasil pengumpulan data waktu pengiriman produk kepada retailer

Tabel 4.34 Data Waktu Pengiriman Produk kepada Retailer

| Rute | Tanggal  | Jumlah Tujuan | Jumlah galon | Waktu |                | Jumlah Km Tempuh | Bahan Bakar (liter) | Total Bahan Bakar (liter) | Total Waktu |
|------|----------|---------------|--------------|-------|----------------|------------------|---------------------|---------------------------|-------------|
| 1    | 27 april | 4             | 53           | Pagi  | 2 jam 50 menit | 42               | 4.2                 | 23.7                      | 1090 mennit |
|      | 27 april | 2             | 28           | Siang | 27 memit       | 12               | 1.2                 |                           |             |
|      | 28 april | 2             | 27           | Pagi  | 2 jam 2 menit  | 42               | 4.2                 |                           |             |
|      | 28 april | 4             | 61           | Pagi  | 2 jam 54 menit | 13               | 1.3                 |                           |             |
|      | 28 april | 1             | 14           | Malam | 72 menit       | 19               | 1.9                 |                           |             |
|      | 2 mei    | 4             | 67           | Pagi  | 3 jam 10 menit | 38               | 3.8                 |                           |             |
|      | 2 mei    | 2             | 27           | Malam | 52 menit       | 5                | 0.5                 |                           |             |
|      | 5 mei    | 5             | 65           | Pagi  | 2 jam 18 menit | 42               | 4.2                 |                           |             |
|      | 5 mei    | 2             | 70           | Malam | 2 jam 25 menit | 24               | 2.4                 |                           |             |



Lanjutan Tabel 4.34 Data Waktu Pengiriman Produk kepada Retailer

| Rute         | Tanggal  | Jumlah Tujuan | Jumlah galon | Waktu |                | Jumlah Km Tempuh | Bahan Bakar (liter) | Total Bahan Bakar (liter) | Total Waktu |
|--------------|----------|---------------|--------------|-------|----------------|------------------|---------------------|---------------------------|-------------|
| 2            | 28 april | 3             | 55           | Malam | 4 jam 3 menit  | 52               | 5.2                 | 15                        | 549 menit   |
|              | 2 mei    | 1             | 70           | Siang | 5 jam 6 menit  | 98               | 9.8                 |                           |             |
| 3            | 28 april | 2             | 70           | Pagi  | 5 jam 54 menit | 208              | 20.8                | 103.7                     | 1982 menit  |
|              | 28 april | 2             | 70           | Siang | 5 jam 47 menit | 195              | 19.5                |                           |             |
|              | 3 mei    | 1             | 40           | Malam | 6 jam 3 menit  | 200              | 20                  |                           |             |
|              | 5 mei    | 1             | 70           | Siang | 9 jam 4 menit  | 246              | 24.6                |                           |             |
|              | 6 mei    | 1             | 70           | Pagi  | 6 jam 14 menit | 188              | 18.8                |                           |             |
| <b>Total</b> |          | 37            | 857          | -     |                | 1424 Km          | 142.4               | 142.4                     | 2676        |

Dari Tabel 4.34 dapat diketahui bahwa untuk rute 1 selama 4 hari melakukan perjalanan sebanyak 9 kali dengan mengirimkan galon sebanyak 412 unit kepada 26 tujuan retailer. Waktu total yang ditempuh adalah 1090 menit atau 18 jam 10 menit. Maka rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan produk kepada retailer atau konsumen pada rute 1 adalah 121 menit atau 2 jam 1 menit.

Sedangkan untuk rute 2 selama 2 hari melakukan perjalanan sebanyak 2 kali dengan mengirimkan galon sebanyak 125 unit kepada 4 tujuan retailer. Waktu total yang ditempuh adalah 549 menit atau 9 jam 9 menit. Maka rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan produk kepada retailer atau konsumen pada rute 2 adalah 275 menit atau 4 jam 35 menit.

Sedangkan untuk rute 3 selama 4 hari melakukan perjalanan sebanyak 5 kali dengan mengirimkan galon sebanyak 320 unit kepada 7 tujuan retailer. Waktu total yang ditempuh adalah 1037 menit atau 17 jam 17 menit. Maka rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan produk kepada retailer atau konsumen pada rute 3 adalah 396 menit atau 6 jam 36 menit.

Retailer A termasuk pada golongan rute 1 karena lokasi masih dalam kota malang. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengiriman pada retailer A adalah 35 menit.

### C. Perhitungan Waktu Lama penyimpanan pada Retailer

Perhitungan waktu lama penyimpanan pada retailer dapat diketahui dari proses pembelian ulang dari retailer. Berikut ini merupakan lama pembelian ulang dari retailer A.

Tabel 4.35 Waktu Lama Penyimpanan pada Retailer A

| Januari                 |                            | Februari                |                            | Maret                   |                            |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Tanggal                 | Jumlah Perintaan<br>(unit) | Tanggal                 | Jumlah Perintaan<br>(unit) | Tanggal                 | Jumlah Perintaan<br>(unit) |
| 2-Jan-17                | 25                         | 1-Feb-17                | 50                         | 1-Mar-17                | 36                         |
| 3-Jan-17                | 54                         | 2-Feb-17                |                            | 2-Mar-17                |                            |
| 4-Jan-17                | 47                         | 3-Feb-17                | 49                         | 3-Mar-17                | 65                         |
| 5-Jan-17                |                            | 4-Feb-17                |                            | 4-Mar-17                |                            |
| 6-Jan-17                | 54                         | 5-Feb-17                |                            | 5-Mar-17                |                            |
| 7-Jan-17                |                            | 6-Feb-17                | 27                         | 6-Mar-17                | 51                         |
| 8-Jan-17                |                            | 7-Feb-17                |                            | 7-Mar-17                | 28                         |
| 9-Jan-17                | 64                         | 8-Feb-17                |                            | 8-Mar-17                |                            |
| 10-Jan-17               |                            | 9-Feb-17                | 84                         | 9-Mar-17                | 47                         |
| 11-Jan-17               | 53                         | 10-Feb-17               | 44                         | 10-Mar-17               |                            |
| 12-Jan-17               |                            | 11-Feb-17               |                            | 11-Mar-17               | 56                         |
| 13-Jan-17               | 40                         | 12-Feb-17               |                            | 12-Mar-17               |                            |
| 14-Jan-17               | 29                         | 13-Feb-17               | 39                         | 13-Mar-17               | 36                         |
| 15-Jan-17               |                            | 14-Feb-17               | 37                         | 14-Mar-17               | 45                         |
| 16-Jan-17               |                            | 16-Feb-17               |                            | 15-Mar-17               |                            |
| 17-Jan-17               | 48                         | 17-Feb-17               | 52                         | 16-Mar-17               |                            |
| 18-Jan-17               |                            | 18-Feb-17               |                            | 17-Mar-17               | 58                         |
| 19-Jan-17               | 50                         | 19-Feb-17               |                            | 18-Mar-17               |                            |
| 20-Jan-17               |                            | 20-Feb-17               | 44                         | 19-Mar-17               |                            |
| 21-Jan-17               | 54                         | 21-Feb-17               | 55                         | 20-Mar-17               | 50                         |
| 22-Jan-17               |                            | 22-Feb-17               |                            | 21-Mar-17               |                            |
| 23-Jan-17               |                            | 23-Feb-17               | 71                         | 22-Mar-17               | 50                         |
| 24-Jan-17               | 47                         | 24-Feb-17               |                            | 23-Mar-17               | 6                          |
| 25-Jan-17               |                            | 25-Feb-17               | 53                         | 24-Mar-17               | 80                         |
| 26-Jan-17               |                            | 26-Feb-17               |                            | 25-Mar-17               | 72                         |
| 27-Jan-17               | 45                         | 27-Feb-17               |                            | 26-Mar-17               |                            |
| 28-Jan-17               |                            | 28-Feb-17               | 48                         | 27-Mar-17               |                            |
| 29-Jan-17               |                            |                         |                            | 29-Mar-17               | 59                         |
| 30-Jan-17               | 47                         |                         |                            | 30-Mar-17               |                            |
| 31-Jan-17               |                            |                         |                            | 31-Mar-17               |                            |
| <b>Jumlah pembelian</b> | 14 kali                    | <b>Jumlah pembelian</b> | 13 kali                    | <b>Jumlah pembelian</b> | 15 kali                    |
| <b>Total</b>            | 657 unit                   | <b>Total</b>            | 653 unit                   | <b>Total</b>            | 739 unit                   |
| <b>Rata-rata</b>        | 47 unit                    | <b>Rata-rata</b>        | 50 unit                    | <b>Rata-rata</b>        | 49 unit                    |
| <b>Lama simpan</b>      | 2.21 hari                  | <b>Lama simpan</b>      | 2.15 hari                  | <b>Lama simpan</b>      | 2.07 hari                  |

Perhitungan waktu lama penyimpanan pada retailer dengan menggunakan data pembelian ulang adalah sebagai berikut:

$$\text{Lama simpan} = \frac{\text{jumlah hari (bulan)}}{\text{jumlah pembelian (kali)}}$$

$$\text{Lama simpan bulan Januari} = \frac{31}{14} = 2.21 \sim 2 \text{ hari}$$

Dari hasil Tabel 4.35 dapat diketahui bahwa pada bulan Januari retailer A melakukan pembelian pada PT X sebanyak 14 kali dengan rata-rata jumlah permintaan 47 unit. Waktu lama penyimpanan pada retailer adalah selama 2 hari, sehingga permintaan produk AMDK galon pada retailer A adalah sebanyak 24 unit perhari pada bulan Januari. Pada bulan Februari dan Maret terlihat bahwa waktu lama penyimpanan pada retailer A cenderung sama yaitu selama 2 hari. Lama penyimpanan pada retailer lainnya selama bulan Januari hingga Maret 2017 dapat dilihat pada Tabel 4.37. Dari hasil Tabel 4.37 dapat diketahui bahwa waktu simpan pada 20 retailer terbesar adalah 2 hari hingga 20 hari. Untuk memudahkan dalam menganalisa maka menggunakan kelas interval rata-rata lama simpan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jangkauan} &= \text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil} \\ &= 20 - 2 = 18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Banyak kelas interval} &= 1 + 3.3 \log (n) \\ &= 1 + 3.3 \log (20) = 5.29 \sim 5 \text{ kelas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kelas interval} &= \text{jangkauan} / \text{banyak kelas interval} \\ &= 18 / 5 = 3.6 \sim 4 \end{aligned}$$

Sehingga interval dan frekuensi lama waktu simpan adalah:

Tabel 4.36 Interval Waktu Lama Simpan pada Retailer

| Interval     | Frekuensi | Persentase (%) |
|--------------|-----------|----------------|
| 2-5 hari     | 11        | 55 %           |
| 6-9 hari     | 7         | 35 %           |
| 10-13 hari   | 0         | 0 %            |
| 14-17 hari   | 0         | 0 %            |
| 18 – 21 hari | 2         | 10 %           |

Dari Tabel 4.36 dapat diketahui bahwa rata-rata waktu simpan pada retailer adalah 2 hingga 5 hari.

Tabel 4.37 Rangkuman Lama Waktu Pembelian Ulang pada 20 Retailer Terbesar PT X

| Retailer | Januari (31 hari)             |   |                          | Februari (28 hari)            |   |                          | Maret (31 hari)               |   |                          | Rata-rata<br>Lama<br>Simpan |
|----------|-------------------------------|---|--------------------------|-------------------------------|---|--------------------------|-------------------------------|---|--------------------------|-----------------------------|
|          | Jumlah<br>Pembelian<br>(kali) | Rata-rata<br>permintaan<br>(unit/pembelian) | Lama<br>Simpan<br>(Hari) | Jumlah<br>Pembelian<br>(kali) | Rata-rata<br>permintaan<br>(unit/pembelian) | Lama<br>Simpan<br>(Hari) | Jumlah<br>Pembelian<br>(kali) | Rata-rata<br>permintaan<br>(unit/pembelian) | Lama<br>Simpan<br>(Hari) |                             |
| A        | 14                            | 47  | <b>2.21</b>              | 13                            | 50  | <b>2.15</b>              | 15                            | 49  | <b>2.07</b>              | <b>2 hari</b>               |
| B        | 10                            | 71  | <b>3.1</b>               | 7                             | 60  | <b>4</b>                 | 9                             | 50  | <b>3.44</b>              | <b>3.5 hari</b>             |
| C        | 6                             | 81  | <b>5.17</b>              | 7                             | 71  | <b>4</b>                 | 7                             | 70  | <b>4.42</b>              | <b>5 hari</b>               |
| D        | 9                             | 48  | <b>3.44</b>              | 7                             | 52  | <b>4</b>                 | 9                             | 44  | <b>3.44</b>              | <b>4 hari</b>               |
| E        | 7                             | 46  | <b>4.43</b>              | 9                             | 35  | <b>3.11</b>              | 12                            | 32  | <b>2.58</b>              | <b>3 hari</b>               |
| F        | 10                            | 20  | <b>3.1</b>               | 8                             | 20  | <b>3.5</b>               | 11                            | 20  | <b>2.82</b>              | <b>3 hari</b>               |
| G        | 5                             | 30  | <b>6.2</b>               | 6                             | 28  | <b>4.67</b>              | 5                             | 35  | <b>6.2</b>               | <b>6 hari</b>               |
| H        | 3                             | 53  | <b>10.33</b>             | 3                             | 53  | <b>9.33</b>              | 4                             | 60  | <b>7.75</b>              | <b>9 hari</b>               |
| I        | 2                             | 52  | <b>15.5</b>              | 2                             | 46  | <b>14</b>                | 1                             | 62  | <b>31</b>                | <b>20 hari</b>              |
| J        | 10                            | 54  | <b>3.1</b>               | 7                             | 47  | <b>4</b>                 | 9                             | 60  | <b>3.44</b>              | <b>3.5 hari</b>             |
| K        | 9                             | 13  | <b>3.44</b>              | 9                             | 11  | <b>3.11</b>              | 12                            | 9   | <b>2.58</b>              | <b>3 hari</b>               |
| L        | 6                             | 15  | <b>5.17</b>              | 6                             | 15  | <b>4.67</b>              | 6                             | 14  | <b>5.17</b>              | <b>5 hari</b>               |
| M        | 4                             | 18  | <b>7.75</b>              | 6                             | 17  | <b>4.67</b>              | 5                             | 27  | <b>6.2</b>               | <b>6 hari</b>               |
| N        | 6                             | 17  | <b>5.17</b>              | 5                             | 15  | <b>5.6</b>               | 5                             | 18  | <b>6.2</b>               | <b>6 hari</b>               |
| O        | 7                             | 13  | <b>4.42</b>              | 5                             | 14  | <b>5.6</b>               | 8                             | 11  | <b>3.87</b>              | <b>5 hari</b>               |
| P        | 5                             | 25  | <b>6.2</b>               | 3                             | 26  | <b>9.33</b>              | 5                             | 32  | <b>6.2</b>               | <b>7 hari</b>               |
| Q        | 7                             | 15  | <b>4.42</b>              | 4                             | 16  | <b>7</b>                 | 5                             | 16  | <b>6.2</b>               | <b>6 hari</b>               |
| R        | 7                             | 9   | <b>4.42</b>              | 7                             | 12  | <b>4</b>                 | 6                             | 11  | <b>5.17</b>              | <b>5 hari</b>               |
| S        | 1                             | 39  | <b>31</b>                | 1                             | 70  | <b>28</b>                | 0                             | 0   | <b>0</b>                 | <b>20 hari</b>              |
| T        | 5                             | 15  | <b>6.2</b>               | 3                             | 17  | <b>9.33</b>              | 7                             | 15  | <b>4.42</b>              | <b>7 hari</b>               |

#### 4.4.3.2 Tingkat Persediaan Tahap Distribusi PT X

Tingkat persediaan produk jadi pada PT X dihiutng dengan mengurangi jumlah stok awal ditambah dengan jumlah produksi dan dikurangi dengan jumlah pengiriman. Tabel 4.38 merupakan rekap dari jumlah stok akhir pada bulan Maret 2017. Dari Tabel 4.38 maka dapat diketahui tingkat persediaan produk jadi adalah 118 unit per hari.

Tabel 4.38 Tingkat Persediaan Produk Jadi

| Tgl                       | Produksi    | Distribusi  | Stock           |
|---------------------------|-------------|-------------|-----------------|
| 1                         |             |             | 67              |
| 2                         | 423         | 432         | 58              |
| 3                         | 345         | 321         | 82              |
| 4                         | 235         | 172         | 145             |
| 5                         | 0           | 0           | 145             |
| 6                         | 417         | 465         | 97              |
| 7                         | 556         | 532         | 121             |
| 8                         | 322         | 275         | 168             |
| 9                         | 231         | 257         | 142             |
| 10                        | 324         | 397         | 69              |
| 11                        | 109         | 154         | 24              |
| 12                        | 0           | 0           | 24              |
| 13                        | 243         | 148         | 119             |
| 14                        | 399         | 377         | 141             |
| 15                        | 373         | 334         | 180             |
| 16                        | 301         | 336         | 145             |
| 17                        | 282         | 260         | 167             |
| 18                        | 143         | 130         | 180             |
| 19                        | 0           | 0           | 180             |
| 20                        | 375         | 345         | 210             |
| 21                        | 241         | 357         | 94              |
| 22                        | 215         | 189         | 120             |
| 23                        | 346         | 357         | 109             |
| 24                        | 226         | 240         | 95              |
| 25                        | 251         | 189         | 157             |
| 26                        | 0           | 0           | 157             |
| 27                        | 108         | 162         | 103             |
| 28                        | 241         | 265         | 79              |
| 29                        | 220         | 139         | 160             |
| 30                        | 356         | 430         | 86              |
| 31                        | 348         | 329         | 105             |
| <b>Total</b>              | <b>7630</b> | <b>7592</b> | <b>3663</b>     |
| <b>Tingkat Persediaan</b> |             |             | <b>118/hari</b> |

Sedangkan tingkat persediaan pada retailer A dapat dilihat dari Tabel 4.36 bahwa tingkat persediaan retailer A adalah sebanyak 24 unit perhari.

#### **4.4.3.3 Kualitas Produk Tahap Distribusi PT X**

Produk AMDK galon PT Y selama proses penyimpanan pada gudang tidak ditemukan produk buruk. Sedangkan dari hasil wawancara dengan pihak retailer didapatkan bahwa pihak distributor selam 3 bulan terakhir tidak mendapatkan produk cacat dan tidak pernah mendapat komplain dari konsumen.

#### **4.4.3.4 Konsumsi Material dan Air Tahap Distribusi PT X**

Pada tahap distributsi tidak terdapat konsumsi material dan air.

#### **4.4.3.5 Konsumsi Energi Tahap Distribusi PT X**

Konsumsi energi pada proses distribusi adalah jumlah bahan bakar yang digunakan oleh kendaraan pickup selama proses distribusi. Dari hasil pengamatan dan pengukuran proses distribusi pada Tabel 4.39 dapat diketahui bahwa untuk rute 1 selama 4 hari dengan mengirimkan galon sebanyak 412 unit menempuh jarak 237 KM. Dengan asumsi 1 liter bensin dapat menempuh 10 km maka selama 4 hari membutuhkan 23.7 liter bensin pertalite. Sedangkan untuk rute 2 selama 2 hari dengan mengirimkan galon sebanyak 125 unit menempuh jarak 150 KM. Dengan asumsi 1 liter bensin dapat menempuh 10 km maka selama 2 hari membutuhkan 15 liter bensin pertalite. Sedangkan untuk rute 3 selama 4 hari dengan mengirimkan galon sebanyak 320 unit jarak yang ditempuh 1981 KM. Dengan asumsi 1 liter bensin dapat menempuh 10 km maka selama 4 hari membutuhkan 198.1 liter bensin pertalite. Dari hasil tersebut maka dapat diketahui setiap unit produk membutuhkan bahan bakar untuk pengiriman sebagai berikut:

Tabel 4.39 Konsumsi Bahan Bakar Distribusi PT X

| Rute  | Total Produk | Total Bahan Bakar | Rata-rata kebutuhan bahan bakar/produk |
|-------|--------------|-------------------|--|
| 1     | 412          | 23.7              | 0.06                                   |
| 2     | 215          | 15                | 0.07                                   |
| 3     | 320          | 103.7             | 0.32                                   |
| Total | 857          | 142.4             | -                                      |

Bahan bakar yang dibutuhkan untuk mengirimkan 1 unit produk pada rute 1 adalah 0.06 , rute 2 0.07 liter, dan rute 3 0.32 liter. Namun apabila penggunaan bahan bakar digunakan untuk perhitungan biaya pengiriman secara menyeluruh tanpa membedakan harga maka jumlah bahan bakar yang dibutuhkan setiap unit produk adalah 0.17 liter.

#### 4.4.3.6 Emisi Tahap Distribusi PT X

Emisi yang dihasilkan dari tahap distribusi adalah emisi yang dihasilkan akibat penggunaan bahan bakar kendaraan pick up pada proses pengiriman pada retailer dan konsumen. Dari perhitungan energi pada sub bab sebelumnya diketahui bahwa rata-rata energi yang dibutuhkan untuk proses pengiriman satu unit produk 0.17 L. Sehingga umlah emisi yang dihasilkan dari pembakaran 0.17 L premium adalah (metode pengukuran tier 1):

- 1) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk premium adalah  $33 \times 10^{-6}$  TJ/liter (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

$$\text{konsumsi energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (sat. fisik)} \times \text{nilai kalor} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi premium} &= 0.17 \times 33 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 5.61 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

- 2) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar premium adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 69300 \text{ KgCO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 33 \text{ KgCH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 3.2 \text{ KgN}_2\text{O} / \text{TJ}$

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

Dimana a adalah jenis bahan bakar (premium, solar)

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ premium} &= 5.61 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 69300 \\ &= 0.389 \text{ Kg CO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 \text{ premium} &= 5.61 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 33 \\ &= 185.13 \times 10^{-6} \text{ Kg CH}_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O premium} &= 5.61 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.2 \\ &= 1.795 \times 10^{-6} \text{ Kg N}_2\text{O} \end{aligned}$$

#### 4.4.3.7 Tanah Tahap Distribusi PT X

Luas area yang digunakan untuk proses penyimpanan produk untuk gudang dan proses penyimpanan pada retailer dapat dilihat pada Tabel 4.40

Tabel 4.40 Konsumsi Tanah Pada Tahap Distribusi

| Area                    | Luas Area           | Area Hijau |
|-------------------------|---------------------|------------|
| Gudang Produk Jadi PT X | 49.7 m <sup>2</sup> | 0          |
| Gudang Retailer PT X    | 9 m <sup>2</sup>    | 0          |

Pada retailer A penggunaan tanah untuk proses penjualan adalah 9 m<sup>2</sup>

#### 4.4.3.8 Pengelolaan Limbah Tahap Distribusi PT X

Pada tahap distribusi limbah yang dihasilkan adalah limbah akibat produk cacat ketika dikirimkan atau pada retailer. Namun melihat tidak terdapat produk cacat pada retailer maka tidak terdapat limbah yang dihasilkan pada tahap distribusi. Namun apabila terdapat produk cacat, limbah seperti stiker, seal, tutup galon, dan tisu yang dihasilkan langsung dibuang pada tempat pembuangan sampah. Sedangkan untuk limbah padat berupa galon akan dikembalikan pada pabrik manufaktur yaitu PT X



#### 4.4.3.9 Sosial Tahap Distribusi PT X

PT X memiliki empat pekerja yang bertugas untuk melakukan proses distribusi kepada retailer atau konsumen. Kondisi sosial pada tahap distribusi yang terdiri dari kepuasan, kesehatan, keselamatan, dan pengembangan diri pekerja adalah sebagai berikut:

##### 1. Kepuasan

Tabel 4.41 Kepuasan Pekerja Tahap Distribusi

| Keterangan    | Jumlah | Persentase |
|---------------|--------|------------|
| Jml pegawai   | 4      | 40 %       |
| Keluar        | 6      |            |
| Total pegawai | 10     |            |

Kepuasan pekerja distribusi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Persentase kepuasan pekerja} &= \left( \frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}} \right) \times 100 \% \\ &= \left( \frac{4}{10} \right) \times 100 \% \\ &= 40 \%\end{aligned}$$

##### 2. Kesehatan

Tabel 4.42 Kesehatan Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan        | Jumlah  | Persentase |
|-------------------|---------|------------|
| Jml pegawai       | 4       | 98.5 %     |
| Izin sakit        | 6       |            |
| Jumlah hari kerja | 99 hari |            |

Kesehatan pekerja distribusi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Persentase kepuasan pekerja} &= \left( 1 - \frac{\text{jumlah hari pegawai izin sakit}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}} \right) \times 100 \% \\ &= \left( 1 - \frac{6}{4 \times 99} \right) \times 100 \% \\ &= 98.5 \%\end{aligned}$$

##### 3. Keselamatan

Tabel 4.43 Keselamatan Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan               | Jumlah  | Persentase |
|--------------------------|---------|------------|
| Jml pegawai              | 4       | 99.5 %     |
| Total Kecelakaan (orang) | 2       |            |
| Jumlah hari              | 99 hari |            |

Keselamatan pekerja distribusi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Persentase keselamatan pekerja} &= \left(1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}}\right) \times 100 \% \\ &= \left(1 - \frac{2}{4 \times 99}\right) \times 100 \% \\ &= 99.5 \%\end{aligned}$$

#### 4. Pengembangan Diri

Tabel 4.44 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan           | Jumlah | Efisiensi |
|----------------------|--------|-----------|
| Jml Pegawai Training | 0      | 0 %       |
| Total pegawai        | 4      |           |

Pengembangan diri pekerja distribusi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Persentase pengembangan diri} &= \left(\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{Total pegawai}}\right) \times 100 \% \\ &= \left(\frac{0}{4}\right) \times 100 \% \\ &= 0 \%\end{aligned}$$

### 4.4.4 TAHAP KONSUMSI PT X

Pada tahap konsumsi, konsumen mengkonsumsi air AMDK PT X dalam kemasan galon untuk memenuhi kebutuhan konsumen sehari-hari. Data yang dibutuhkan untuk menginterpretasi indikator didapatkan dari penyebaran kuesioner kepada konsumen.

#### 4.4.4.1 Perhitungan Waktu Tahap Konsumsi PT X

##### A. Waktu Pengiriman pada Konsumen

Lama waktu pengiriman pada konsumen dari hasil pengumpulan data ada retailer A adalah:

Table 4.45 Waktu Lama Pengiriman pada Konsumen

| NO    | Jumlah galon | Tujuan Konsumen | Waktu    | Waktu pengiriman/konsumen |
|-------|--------------|-----------------|----------|---------------------------|
| 1     | 2            | 1               | 7 menit  | 7 menit                   |
| 2     | 3            | 3               | 11 menit | 4 menit                   |
| 3     | 1            | 1               | 5 menit  | 5 menit                   |
| 4     | 4            | 4               | 20 menit | 5 menit                   |
| 5     | 2            | 1               | 5 menit  | 5 menit                   |
| 6     | 5            | 4               | 23 menit | 6 menit                   |
| Total | 17           | 14              | 71 menit | 5 menit                   |

Tabel 4.45 menunjukkan bahwa yang dibutuhkan untuk retailer A dalam mendistribusikan galon AMDK PT X kepada konsumen adalah 4 hingga 7 menit, atau rata-rata waktu pengiriman adalah 5 menit.

#### B. Waktu Lama konsumsi Konsumen

Dari hasil kuesioner yang disebarkan didapatkan hasil jumlah AMDK Galon PT X yang dikonsumsi selama satu bulan:

Tabel 4.46 Waktu Lama Konsumsi Konsumen

| Jumlah Galon Konsumsi | Frekuensi | Persentase (%) |
|-----------------------|-----------|----------------|
| 1 galon               | -         | 0 %            |
| 2 galon               | 1         | 7.2 %          |
| 3 galon               | 7         | 50 %           |
| 4 galon               | 2         | 14.3           |
| 5 galon               | 1         | 7.2 %          |
| > 6 galon             | 3         | 21.4%          |
| Total                 | 14        | 100 %          |

Dari hasil Tabel 4.46 dapat diketahui bahwa lama waktu konsumsi konsumen beragam namun 50 % konsumen mengkonsumsi 3 galon selama satu bulan. Sehingga rata-rata waktu lama konsumsi konsumen adalah 10 hari.

#### **4.4.4.2 Kualitas Tahap Konsumsi PT X**

Dari hasil kuesioner didapatkan bahwa konsumen 100% konsumen mendapatkan produk baik.

#### **4.4.4.3 Konsumsi Material Tahap Konsumsi PT X**

Pada tahap konsumsi tidak terdapat konsumsi material oleh konsumen.

#### **4.4.4.4 Konsumsi Air Tahap Konsumsi PT X**

Pada tahap konsumsi, AMDK kemasan galon akan dikonsumsi oleh konsumen untuk memenuhi kebutuhannya. Tabel 4.47 merupakan hasil penyebaran kuesioner mengenai fungsi AMDK Galon PT X dalam memenuhi kebutuhan sehari-harinya.

Tabel 4.47 Fungsi AMDK Galon PT X

| Fungsi                    | Frekuensi | Persentase (%) |
|---------------------------|-----------|----------------|
| Air minum                 | 8         | 57 %           |
| Memasak                   | 0         | 0 %            |
| Mencuci                   | 0         | 0 %            |
| Air minum dan memasak     | 4         | 29 %           |
| Air minum, masak, mencuci | 2         | 14 %           |
| Lainnya                   | 0         | 0 %            |
| Total                     | 14        | 100 %          |

Dari hasil kuesioner didapatkan bahwa 57% konsumen menggunakan AMDK kemasan galon untuk kebutuhan air minum dan memasak, 29 % lainnya digunakan hanya untuk air minum, dan 14 % digunakan untuk air minum, mencuci, dan memasak. Jumlah konsumsi yang dilakukan pada tahap konsumsi sesuai dengan jumlah galon yang dikonsumsi oleh konsumen. Hasil konsumsi air pada tahap konsumsi dapat dilihat pada Tabel 4.48

Tabel 4.48 Jumlah Konsumsi Air AMDK Galon PT X

| Bulan            | Jumlah produksi<br>(unit galon) | Kapasitas Air<br>1 galon (liter) | Jumlah<br>konsumsi (liter) |
|------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Juli             | 4.904                           | 19                               | 93.176                     |
| Agustus          | 6.264                           | 19                               | 119.016                    |
| September        | 6.017                           | 19                               | 114.323                    |
| Oktober          | 6.216                           | 19                               | 118.104                    |
| November         | 6.159                           | 19                               | 117.021                    |
| Desember         | 6.007                           | 19                               | 114.133                    |
| Januari          | 7.700                           | 19                               | 146.3                      |
| Februari         | 5.910                           | 19                               | 112.29                     |
| <b>Total</b>     | <b>49.177</b>                   | <b>19</b>                        | <b>934.363</b>             |
| <b>Rata-rata</b> | <b>6.147</b>                    | <b>19</b>                        | <b>116.795</b>             |

#### 4.4.4.5 Konsumsi Energi Tahap Konsumsi PT X

Konsumsi energi yang dibutuhkan pada tahap konsumsi adalah energi yang dibutuhkan untuk mengirimkan produk kepada konsumen. Dari hasil kusioner didapatkan bahwa rata-rata AMDK galon dikirim oleh retailer dengan menggunakan motor. Selama pengamatan proses pengiriman pada retailer PT A energi yang dibutuhkan untuk mengirimkan 40 unit galon dalam 2 hari adalah 3 liter.

Selain itu dari hasil kuesioner didapatkan bahwa 50 % konsumen melakukan proses pemanasan pada kompor atau mendinginkan pada lemari es. Proses pemanasan dan pendinginan pada air yang akan dikonsumsi akan membutuhkan energi. Jumlah energi gas pada kompor untuk memanaskan air 2 liter air selama 8 menit adalah 0.04 kg gas (priyadi, 2008). Sedangkan energi listrik yang dibutuhkan untuk mendinginkan air pada lemari es adalah 75 watt. Sehingga energi yang dibutuhkan untuk mendinginkan 1 hari adalah 1,8 Kwh.

#### 4.4.4.6 Emisi Tahap Konsumsi PT X

Emisi yang dihasilkan dari tahap konsumsi apabila konsumen melakukan pemanasan pada kompor adalah sebagai berikut:

- 1) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk LPG adalah  $47.3 \times 10^{-6}$  TJ/kg (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

$$\text{konsumsi energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (sat. fisik)} \times \text{nilai kalor} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi premium} &= 0.04 \times 47.3 \times 10^{-6} \text{ TJ/kg} \\ &= 6.054 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

## 2) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar LPG adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 56100 \text{ KgCO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 1 \text{ KgCH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 0.1 \text{ KgN}_2\text{O} / \text{TJ}$

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= 6.054 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 56100 \\ &= 0.339 \text{ Kg CO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 &= 6.054 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 1 \\ &= 6.054 \times 10^{-6} \text{ Kg CH}_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2\text{O} &= 6.054 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 0.1 \\ &= 0.605 \times 10^{-6} \text{ Kg N}_2\text{O} \end{aligned}$$

### 4.4.4.7 Tanah Tahap Konsumsi PT X

AMDK Galon PT X pada umumnya dapat dikonsumsi dengan bantuan pompa, dispenser, atau tanpa alat bantuan. Area yang dibutuhkan untuk meletakkan satu produk AMDK Galon PT X dengan bantuan pompa atau tanpa bantuan alat adalah seluas  $676 \text{ cm}^2$ . Sedangkan apabila menggunakan dispenser maka membutuhkan luas area  $961 \text{ cm}^2$ .

### 4.4.4.8 Pengelolaan Limbah Tahap Konsumsi PT X

Pada tahap konsumsi limbah yang dihasilkan dari tahap konsumsi adalah seal, tutup galon, dan tisu. Setiap satu unit produk yang dikonsumsi maka akan menghasilkan limbah sebesar 5.41 gram.

Tabel 5.49 Total Limbah Pada Tahap Konsumsi

| <b>Limbah</b> | <b>Berat</b>            |
|---------------|-------------------------|
| Tutup galon   | 5 gram                  |
| Seal          | 0.01 gram               |
| Tisu          | 0.4 gram                |
| <b>Total</b>  | <b>5.41 gram/ galon</b> |

Rata-rata jumlah produksi PT X pada bulan Juli 2016 hingga februari 2017 adalah 6.147 unit. Sehingga limbah yang dihasilkan dari tahap konsumsi adalah 33.26 kg. Limbah yang dihasilkan oleh konsumen langsung dibuang pada tempat pembuangan sampah. Sedangkan untuk limbah padat berupa galon akan dikembalikan pada pabrik manufaktur yaitu PT X

#### 4.4.4.9 Sosial Tahap Konsumsi PT X

Dari hasil penyebaran kuisioenr didapatkan bahwa 100 % konsumen merasa puas dnegan AMDK Galon PT X. Selain itu konsumen tidak pernah merasakan keluhan akibat dari mengkonsumsi AMDK ini. Sejauh ini konsumen merasa terbantu oleh keunggulan yang ditawarkan oleh produk seperti extra oksigen dan tingkat TDS < 6, konsumen merasa bahwa AMDK ini dapat digunakan untuk air minum lansia yang tidak diperbolehkan minum mineral, dapat memperbaiki gangguan pencernaan, digunakan untuk memasak sehingga masakan lebih tahan lama, digunakan pada adonan kue sehingga lebih mengembang dan tahan lama.

##### a. Kesehatan Konsumen:

AMDK Galon merupakan produk yang tidak berbahaya, hal ini disebabkan oleh AMDK bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air konsumen. Hal yang sedikit berbahaya bagi konsumen adalah limbah plastik yang dihasilkan dari kemasan galon. Galon pada umumnya menggunakan bahan HDPE (*High Density PolyEthylene*). Bahan ini tahan terhadap suhu tinggi. Namun bahan ini tidak dapat digunakan berkali-kali sehingga perlu diperhatikan dengan baik kondisi galon apakah masih layak atau tidak untuk digunakan. Kekurangan lainnya dari bahan ini adalah sulit terurai dalam

tanah. Sehingga manajemen pengolahan limbah pada bahan ini sangat dianjurkan.

**b. Kepuasan konsumen:**

PT X tidak memiliki target atau kegiatan CSR. Hal ini disebabkan oleh PT X masih perusahaan yang berkembang

**c. Pengembangan Diri :**

PT X tidak memiliki bagian pemasaran yang berfungsi memasarkan produk yang dimiliki, sehingga tidak ada aktivitas dan perantara untuk mengenalkan keunggulan dan pengetahuan produk AMDK Galon kepada konsumen.

#### **4.4.5 TAHAP *END OF LIFE* PT X**

Kemasan galon yang ada pada konsumen merupakan milik konsumen hal ini disebabkan oleh pada awal pembelian konsumen harus membeli galon beserta isinya terlebih dahulu. Sehingga setelah mengkonsumsi produk AMDK galon konsumen memiliki pilihan untuk membeli ulang produk tersebut dengan menukarkan galon, membeli produk lain dengan menukarkan galon, atau membuang galon.

Apabila konsumen memutuskan untuk membeli ulang produk AMDK kemasan galon, maka konsumen akan membeli dan menukarkan galon kosong kepada retail atau perusahaan untuk mendapat produk baru. Ketika pilihan ini dipilih oleh konsumen maka kemasan galon dapat digunakan kembali (*reuse*) oleh perusahaan. Kebijakan perusahaan dalam pengembalian kemasan ketika proses pembelian ulang mampu menghemat waktu, biaya, konsumsi energi, dan konsumsi material dibandingkan apabila tidak ada kebijakan. Hal ini disebabkan pengembalian kemasan melalui retailer ketika proses pembelian ulang dilakukan dalam satu waktu.

Apabila konsumen memilih untuk membeli produk lain maka konsumen akan membeli dan menukarkan galonnya pada retail atau perusahaan lain. Apabila hal ini terjadi maka galon tidak dapat di gunakan kembali (*reuse*) sehingga akan dijual kepada pihak kedua oleh perusahaan tersebut untuk dibuang atau diolah menjadi produk lain. Apabila hal ini dilakukan maka terdapat dampak negatif



terhadap lingkungan. Apabila konsumen memilih untuk membuang galon maka dampak akan terjadi sama seperti apabila konsumen membeli produk dengan merek lain.

Tabel 4.50 Jumlah Galon *Reuse* pada Tahap *End of Life*

| Bulan            | Jumlah produksi | Baru | Rusak | <i>Reuse</i> | Persentase Galon <i>reuse</i> |
|------------------|-----------------|------|-------|--------------|-------------------------------|
| November         | 6.159           | 143  | 123   | 5893         | 95.7 %                        |
| Desember         | 6.007           | 250  | 228   | 5529         | 92 %                          |
| Januari          | 7.700           | 500  | 118   | 7082         | 91.98 %                       |
| Februari         | 5.910           | 300  | 20    | 5590         | 96.6 %                        |
| <b>Total</b>     | 25776           | 1193 | 489   | 24094        | 93.5 %                        |
| <b>Rata-rata</b> | 6444            | 298  | 122   | 6024         | -                             |

Sumber: Data Sekunder

Dari Tabel 4.50 dapat diketahui bahwa 93.5% galon yang digunakan adalah galon *reuse*. Sehingga sebanyak 24094 galon digunakan kembali selama 4 bulan terakhir dengan 489 galon tidak dapat digunakan kembali, maka dari kegiatan *reuse* didapatkan bahwa PT X telah berusaha mengurangi limbah pada tanah sebesar 98 %. Penggunaan kemasan galon ulang dapat menghemat konsumsi material plastik sebanyak 750 gram/unit. Apabila rata-rata galon dapat digunakan ulang sebanyak 20 kali maka AMDK galon dapat menghemat penggunaan material sebanyak 15000 gram material plastik terbuang pada tanah.

Limbah plastik merupakan limbah yang dapat memberikan dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan manusia karena limbah plastik sulit untuk diuraikan dalam tanah. Limbah plastik membutuhkan waktu 100 tahun untuk dapat terurai dalam tanah. Hal ini mengartikan bahwa dengan penggunaan kembali galon kosong dapat mengurangi limbah plastik pada tanah. Oleh sebab itu kemasan galon pada penggunaannya perlu diperhatikan secara baik untuk menjaga kualitas galon tersebut, sehingga galon dapat digunakan dalam jangka panjang.

Penggunaan kemasan galon ini tidak membutuhkan proses tambahan sebelum digunakan. Kemasan galon hanya akan melalui proses sterilisasi kemasan pada umumnya seperti proses pencucian galon bagian luar, pembilasan galon bagian luar, pencucian galon bagian dalam, dan pembilasan galon bagian dalam.

Dari Tabel 4.25 dapat diketahui untuk proses sterilisasi galon dibutuhkan air sebanyak 2.5 Liter/galon Apabila kemasan galon tidak digunakan kembali (*reuse*) maka galon akan dijual kepada pengepul.

#### 4.5 *Process Activity Mapping* dan Pengukuran Efisiensi PT X

Proses ini merupakan proses pemetaan aktivitas untuk mengetahui secara rinci berbagai kegiatan yang ada untuk diklasifikasikan ke dalam aktivitas bernilai tambah (*value added*), aktivitas tidak bernilai tambah (*non value added*), dan aktivitas tidak bernilai tambah namun dibutuhkan (*necessary but non value added*). Berikut ini merupakan *Process Activity Mapping* dan pengukuran efisiensi pada seluruh tahapan siklus produk.

##### 4.5.1 *Process Activity Mapping* dan Pengukuran Efisiensi Tahap Pra Manufaktur PT X

Penggolongan aktivitas pada tahap pra manufaktur dapat dilihat pada Tabel 4.51

Tabel 4.51 Penggolongan aktivitas pada Tahap Pra Manufaktur

| No                    | Aktivitas   | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |             |             |
|-----------------------|---|-----------|---|---|---|---|-----------------|-------------|-------------|
|                       |   | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA        | NVA         |
| 1.                    | Pembelian dan pengiriman bahan penolong dari supplier menuju pabrik |           | V |   |   |   |                 | V           |             |
| 2.                    | Penyimpanan bahan baku penolong dan/atau galon kosong               |           |   |   | V |   |                 |             | V           |
| 3.                    | Persiapan material  | V         |   |   |   |   | V               |             |             |
| <b>TOTAL</b>          |   |           |   |   |   |   | <b>1</b>        | <b>1</b>    | <b>1</b>    |
| <b>Persentase (%)</b> |   |           |   |   |   |   | <b>33 %</b>     | <b>33 %</b> | <b>33 %</b> |

Dari Tabel 4.51 Dapat diketahui bahwa pada tahap pra manufaktur terdapat 33% aktivitas memberi nilai tambah (VA), 33% aktivitas penting namun tidak memberi nilai tambah (NNVA), dan 33% aktivitas tidak memberi nilai tambah pada produk (NVA). Pada tahap pra manufaktur proses yang dapat memberikan nilai tambah hanya persiapan material ketika akan dilakukan proses produksi sehingga perlu untuk mengurangi atau mengoptimalkan aktivitas NNVA

dan NVA seperti proses pembelian material dan proses penyimpanan material. Hal ini disebabkan oleh aktivitas ini akan berdampak pada peningkatan biaya dan konsumsi energi. Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap pra manufaktur dapat dilihat pada Tabel 4.52

Tabel 4.52 Pengukuran Efisiensi pada Tahap *Pre-manufacturing* PT X

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi  | Perhitungan                         | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|--|-------------------------------------|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | $1 - \frac{\text{LT rencana} - \text{LT aktual}}{\text{LT rencana}}$   | $= 1 - \frac{10-10}{10}$            | 100 %               |
|            | Biaya              | $\text{Value added cost} / \text{Total cost}$  | -                                   | -                   |
|            | Tingkat Inventory  | $\frac{\text{Jumlah pembelian} - \text{kerusakan selama penyimpanan}}{\text{Total pembelian}}$               | $= \frac{84790 - 0}{84790}$         | 100 %               |
|            | Kualitas           | $1 - \frac{\text{Jumlah material yang rusak saat receiving}}{\text{Total pembelian}}$                        | $= 1 - \frac{0}{84790}$             | 100 %               |
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Jumlah konsumsi material value added}}{\text{Total material}}$                                  | -                                   | -                   |
|            | Energi             | $\frac{\text{Jumlah konsumsi energi value added}}{\text{Total energi}}$                                      | $= \frac{0}{14.44}$                 | 0 %                 |
|            | Air                | $\frac{\text{Jumlah konsumsi air value added}}{\text{Total air}}$  | -                                   | -                   |
|            | Tanah              | $1 - \frac{\text{Total tanah} - \text{used Value added} - \text{green land}}{\text{Total tanah}}$            | $= 1 - \frac{600-59.7-24}{600}$     | 14 %                |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Jumlah emisi value added}}{\text{Total emisi}}$   | $= \frac{0}{472.52 \times 10^{-6}}$ | 0 %                 |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{\text{limbah yang diolah}}{\text{Total limbah}}$  | -                                   | -                   |
| Sosial     | Kepuasan           | $\frac{\text{jumlah pegawai gudang saat ini}}{\text{total pegawai gudang}}$                                  | $= \frac{1}{1}$                     | 100 %               |
|            | Keselamatan        | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai gudang kecelakaan}}{\text{total pegawai gudang} - \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{0}{1 \times 99}$       | 100 %               |
|            | Kesehatan          | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai gudang izin sakit}}{\text{total pegawai gudang} - \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{5}{1 \times 99}$       | 95 %                |
|            | Pengembangan Diri  | $\frac{\text{jumlah pegawai gudang training}}{\text{total pegawai gudang}}$                                  | $= \frac{1}{1}$                     |                     |

#### 4.5.2 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap Manufaktur PT X

Penggolongan aktivitas pada tahap manufaktur dapat dilihat pada Tabel 4.53

Tabel 4.53 Penggolongan aktivitas pada Tahap Manufaktur

| No           | Aktivitas   | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |           |          |
|--------------|---|-----------|---|---|---|---|-----------------|-----------|----------|
|              |   | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA      | NVA      |
| 1.           | Pengisian tandon bahan baku   |           | V |   | V |   |                 |           | V        |
| 2.           | Filtrasi 1 (air menuju tandon setengah jadi)                                  | V         |   |   |   |   | V               |           |          |
| 3.           | Pengisian air untuk cuci HCL  |           | V |   |   |   |                 |           | V        |
| 4.           | Memasukkan kedalam tangki HCL   |           | V |   |   |   |                 |           | V        |
| 5.           | Pembilasan pipa dari HCL  | V         |   |   |   |   |                 | V         |          |
| 6.           | Pengendapan HCL dalam tangki  | V         |   |   |   |   |                 | V         |          |
| 7.           | Pengisian air untuk Cuci Soda   |           | V |   |   |   |                 |           | V        |
| 8.           | Memasukkan Soda kedalam tangki  |           | V |   |   |   |                 |           | V        |
| 9.           | Pembilasan pipa dari soda HCL   | V         |   |   |   |   |                 | V         |          |
| 10.          | Pengendapan Soda dalam tangki   | V         |   |   |   |   |                 | V         |          |
| 11.          | Pembilasan tangki HCL dan inspeksi TDS  | V         |   | V |   |   |                 | V         |          |
| 12.          | Pembilasan tangki Soda dan inspeksi TDS                                       | V         |   | V |   |   |                 | V         |          |
| 13.          | Pembilasan kedua tangki dan inspeksi TDS                                      | V         |   | V |   |   |                 | V         |          |
| 14.          | Pembilasan dengan air setengah jadi   | V         |   | V |   |   |                 | V         |          |
| 15.          | Water treatment (filtrasi 2, mikro filter, Uv, ozonisasi)                     | V         |   |   |   |   | V               |           |          |
| 16.          | Inspeksi dan proses pencucian luar galon                                      | V         |   | V |   |   |                 | V         |          |
| 17.          | Handle dan Pemindahan galon dari pencucian luar menuju pembilasan luar galon  |           | V |   |   |   |                 | V         |          |
| 18.          | Proses pembilasan luar galon  | V         |   |   |   |   |                 | V         |          |
| 19.          | Pemindahan galon dari WS pencucian luar galon menuju WS pencucian dalam galon |           | V |   |   |   |                 |           | V        |
| 20.          | Penyabunan dalam galon  | V         |   |   |   |   |                 | V         |          |
| 21.          | Pemindahan galon dari penyabunan dalam galon menuju pembilasan dalam galon    |           | V |   |   |   |                 |           | V        |
| 22.          | Proses pembilasan galon dalam   | V         |   |   |   |   |                 | V         |          |
| 23.          | Pemindahan galon dari WS pencucian dalam galon menuju WS pengisian            |           | V |   |   |   |                 |           | V        |
| 24.          | Proses Pengisian air jadi ke dalam kemasan Galon                              | V         |   |   |   |   | V               |           |          |
| 25.          | Pemindahan AMDK galon ke gudang jadi  |           | V |   |   |   |                 |           | V        |
| 26.          | Proses pemberian seal   | V         |   |   |   |   | V               |           |          |
| 27.          | Proses perekatan seal dengan <i>heat gun</i>                                  | V         |   |   |   |   | V               |           |          |
| <b>TOTAL</b> |   |           |   |   |   |   | <b>5</b>        | <b>13</b> | <b>9</b> |

|              |      |      |      |
|--------------|------|------|------|
| Persentase % | 18 % | 48 % | 33 % |
|--------------|------|------|------|

Dari Tabel 4.53 Dapat diketahui bahwa pada tahap manufaktur terdapat 18% aktivitas memberi nilai tambah (VA), 48% aktivitas penting namun tidak memberi nilai tambah (NNVA), dan 33% aktivitas tidak memberi nilai tambah pada produk (NVA). Sehingga dapat diketahui bahwa aktivitas pada tahap manufaktur didominasi oleh aktivitas NNVA yaitu proses pencucian mesin dan galon. Proses ini tergolong penting dalam menghasilkan produk yang berkualitas, namun proses ini perlu untuk lebih diefisienkan karena akan berdampak pada biaya, konsumsi air dan energi, sosial, dan sebagainya. Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap manufaktur dapat dilihat pada Tabel 4.54

Tabel 4.54 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Manufaktur PT X

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi   | Perhitungan   | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|---|---|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | $\frac{LT \text{ value-added}}{LT \text{ total}}$   | $= \frac{200.82 \text{ menit}}{438.55 \text{ menit}}$   | 46 %                |
|            | Biaya              | $\frac{Value \text{ added cost}}{Total \text{ cost}}$   | -   | -                   |
|            | Tingkat Inventory  | $\frac{Material \text{ masuk - WIP}}{Total \text{ material}}$                                       | $= \frac{5200 L - 0}{5200 L}$   | 100 %               |
|            | Kualitas           | $\frac{Jumlah \text{ Produk jadi} - \text{produk cacat}}{Total \text{ produk}}$                     | $\frac{393 - 11}{393}$  | 97 %                |
|            |                    | $\frac{Jumlah \text{ material} - \text{material cacat}}{Total \text{ material}}$                    | $\frac{84790 - 671}{84790}$   | 99 %                |
| Lingkungan | Material           | $\frac{Jumlah \text{ konsumsi material} - \text{limbah}}{Total \text{ material}}$                   | $= \frac{755.01 + 0.41}{27 + 755.01 + 0.41 \text{ kg}}$   | 96.5 %              |
|            | Energi             | $\frac{Jumlah \text{ konsumsi energi value added}}{Total \text{ energi}}$                           | $= \frac{0.00583 + 0.00273 + 0.0004 + 0.0019 \text{ kwh}}{0.00583 + 0.00526 + 0.00273 + 0.0004 + 0.0019 \text{ kwh}}$ | 67.4 %              |
|            | Air                | $\frac{Jumlah \text{ konsumsi air value added}}{Total \text{ air}}$                                 | $= \frac{19 \text{ liter}}{6.94 + 2.5 + 1.3 + 19 \text{ liter}}$  | 64 %                |
|            | Tanah              | $1 - \frac{Total \text{ tanah} - \text{used value added} - \text{green land}}{total \text{ tanah}}$ | $= 1 - \frac{600 - 77.94 - 24}{600}$  | 17 %                |
|            | Emisi              | $\frac{Jumlah \text{ emisi value added}}{Total \text{ emisi}}$                                      | -   | -                   |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{limbah \text{ yang diolah}}{Total \text{ limbah}}$   | $= \frac{0}{1666.5 L + 2.5 L + 101.15 \text{ gr}}$  | 0 %                 |

Lanjutan Tabel 4.54 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Manufaktur PT X

| Dimensi | Indikator         | Efisiensi  | Perhitungan                    | Nilai Efisiensi (%) |
|---------|-------------------|--|--------------------------------|---------------------|
| Sosial  | Kepuasan          | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi saat ini}}{\text{total pegawai produksi}}$                                  | $= \frac{4}{7}$                | 57 %                |
|         | Keselamatan       | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai produksi kecelakaan}}{\text{total pegawai produksi} - \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{0}{4 \times 99}$  | 100 %               |
|         | Kesehatan         | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai produksi izin sakit}}{\text{total pegawai produksi} - \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{12}{4 \times 99}$ | 97 %                |
|         | Pengembangan Diri | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi training}}{\text{total pegawai produksi}}$                                  | $= \frac{4}{4}$                |                     |

#### 4.5.3 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap Distribusi PT

##### X

Penggolongan aktivitas pada tahap distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.55

Tabel 4.55 Penggolongan aktivitas pada Tahap Distribusi

| No                    | Aktivitas                          | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |           |            |
|-----------------------|------------------------------------|-----------|---|---|---|---|-----------------|-----------|------------|
|                       |                                    | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA      | NVA        |
| 1.                    | Penyimpanan pada gudang            |           |   |   | V |   |                 |           | V          |
| 2.                    | Pengiriman ke retailer/distributor |           | V |   |   |   | V               |           |            |
| 3.                    | Penyimpanan pada retailer          |           |   |   | V |   |                 |           | V          |
| 4.                    | Pengiriman pada konsumen           |           |   |   |   |   | V               |           |            |
| <b>TOTAL</b>          |                                    |           |   |   |   |   | <b>2</b>        | <b>0</b>  | <b>2</b>   |
| <b>Persentase (%)</b> |                                    |           |   |   |   |   | <b>50%</b>      | <b>0%</b> | <b>50%</b> |

Dari Tabel 4.55 Dapat diketahui bahwa pada tahap distribusi terdapat 50% aktivitas memberi nilai tambah (VA), 0% aktivitas penting namun tidak memberi nilai tambah (NNVA), dan 50% aktivitas tidak memberi nilai tambah pada produk (NVA). Pada tahap pra manufaktur masih ada proses yang dapat tidak memberikan nilai tambah sehingga perlu untuk mengurangi atau mengefisienkan aktivitas NVA seperti waktu penyimpanan pada retailer. Hal ini disebabkan oleh aktivitas ini akan berdampak pada peningkatan biaya dan konsumsi energi. Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.56

Tabel 4.56 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Distribusi PT X

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi   | Perhitungan  | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|---|--|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | $1 - \frac{\text{LT rencana} - \text{LT aktual}}{\text{LT rencana}}$                              | $= 1 - \frac{2 \text{ hari} - 2 \text{ hari}}{2 \text{ hari}}$                                 | 100 %               |
|            | Biaya              | $\text{Value added cost} / \text{Total cost}$   | -  | -                   |
|            | Tingkat Persediaan | $\frac{\text{Jumlah produksi} - \text{jumlah tersimpan}}{\text{Total produksi}}$                  | $= \frac{7630 - 3094}{7630}$   | 59.45 %             |
|            | Kualitas           | $\frac{\text{Jumlah produk terdistribusi} - \text{jumlah produk cacat}}{\text{Total pengiriman}}$ | $= \frac{5928 - 0}{5928}$  | 100 %               |
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Jumlah konsumsi material value added}}{\text{Total material}}$                       | -  | -                   |
|            | Energi             | $\frac{\text{Jumlah konsumsi energi value added}}{\text{Total energi}}$                           | $= \frac{0}{0.17 \text{ liter}}$   | 0 %                 |
|            | Air                | $\frac{\text{Jumlah konsumsi air value added}}{\text{Total air}}$                                 | -  | -                   |
|            | Tanah              | $1 - \frac{\text{Total tanah} - \text{used value added} - \text{green land}}{\text{total tanah}}$ | Tanah gudang = $1 - \frac{600 - 49.7 - 24}{600}$<br>Tanah retailer = $1 - \frac{9 - 9 - 0}{9}$ | 12 %<br><br>100 %   |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Jumlah emisi value added}}{\text{Total emisi}}$                                      | $= \frac{5.61 \times 10^{-6}}{5.61 \times 10^{-6}}$  | 100 %               |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{\text{Limbah yang dikelola}}{\text{Total material}}$                                       | -  | -                   |
| Sosial     | Kepuasan           | $\frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}}$                                     | $= \frac{4}{10}$   | 40 %                |
|            | Keselamatan        | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{total pegawai} - \text{jumlah hari kerja}}$    | $= 1 - \frac{6}{4 \times 99}$  | 98.5 %              |
|            | Kesehatan          | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai izin sakit}}{\text{total pegawai} - \text{jumlah hari kerja}}$    | $= 1 - \frac{2}{4 \times 99}$  | 99.5 %              |
|            | Pengembangan Diri  | $\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{total pegawai}}$                                     | $= \frac{0}{1}$  | 0 %                 |

#### 4.5.4 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap Konsumsi PT X

Penggolongan aktivitas pada tahap konsumsi dapat dilihat pada Tabel 4.57

Tabel 4.57 Peggolongan aktivitas pada Tahap Konsumsi

| No             | Aktivitas                     | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |      |     |
|----------------|-------------------------------|-----------|---|---|---|---|-----------------|------|-----|
|                |                               | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA | NVA |
| 1.             | Proses konsumsi oleh konsumen | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| TOTAL          |                               |           |   |   |   |   | 1               |      | 0   |
| Persentase (%) |                               |           |   |   |   |   | 100%            | 0%   | 0%  |

Dari Tabel 4.57 Dapat diketahui bahwa pada tahap konsumsi hanya terdiri dari aktivitas bernilai tambah yaitu aktivitas konsumsi produk. Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap konsumsi dapat dilihat pada Tabel 4.58

Tabel 4.58 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Konsumsi PT X

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi  | Perhitungan   | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|--|---|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | Umur hidup aktual/umur hidup rencana   | 2 tahun / 2 tahun                                   | 100%                |
|            | Biaya              | (1 – Biaya perawatan/biaya produksi)   | -   | -                   |
|            | Kualitas           | Tingkat complaint  | 0   | 100%                |
|            | Persediaan         | -  | -   | -                   |
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Kebutuhan material aktual}}{\text{Kebutuhan material standar}}$       | -   | -                   |
|            | Energi             | $\frac{\text{Kebutuhan energi aktual}}{\text{Kebutuhan energi standar}}$           | $= \frac{1.8 \text{ Kwh} + 0.04 \text{ kg gas}}{0}$ | 0 %                 |
|            | Air                | $\frac{\text{Kebutuhan air aktual}}{\text{Kebutuhan air standar}}$                 | -   | -                   |
|            | Tanah              | $\frac{\text{Kebutuhan lahan aktual}}{\text{Kebutuhan lahan standar}}$             | $= \frac{676}{676}$                                 | 100 %               |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Emisi yang dihasilkan}}{\text{Emisi standar}}$                        | $= \frac{0.339}{676}$                               | 0 %                 |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{\text{Limbah yang dikelola}}{\text{Total material}}$                        | -   | -                   |
| Sosial     | Kepuasan           | $\frac{\text{Jumlah dana CSR yang tersalurkan}}{\text{Dana CSR yang ditargetkan}}$ | -   | 0 %                 |
|            | Keselamatan        | -  | -   | -                   |
|            | Kesehatan          | $1 - \frac{\text{eco cost}}{\text{Total eco cost}}$                                | Produk tidak berbahaya                              | 100 %               |
|            | Pengembangan Diri  | $\frac{\text{Jumlah knowledge – sharing konsumen}}{\text{Jumlah konsumen}}$        | -   | 0 %                 |

#### 4.5.5 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap *End of Life* PT X

Penggolongan aktivitas pada tahap *end of life* dapat dilihat pada Tabel 4.59

Tabel 4.59 Penggolongan aktivitas pada Tahap *End of Life*

| No             | Aktivitas   | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |      |     |
|----------------|---|-----------|---|---|---|---|-----------------|------|-----|
|                |   | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA | NVA |
| 1.             | Penggunaan kembali kemasan Galon yang kembali pada PT X | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| TOTAL          |   |           |   |   |   |   | 1               | 0    | 0   |
| Persentase (%) |   |           |   |   |   |   | 100%            | 0    | 0   |



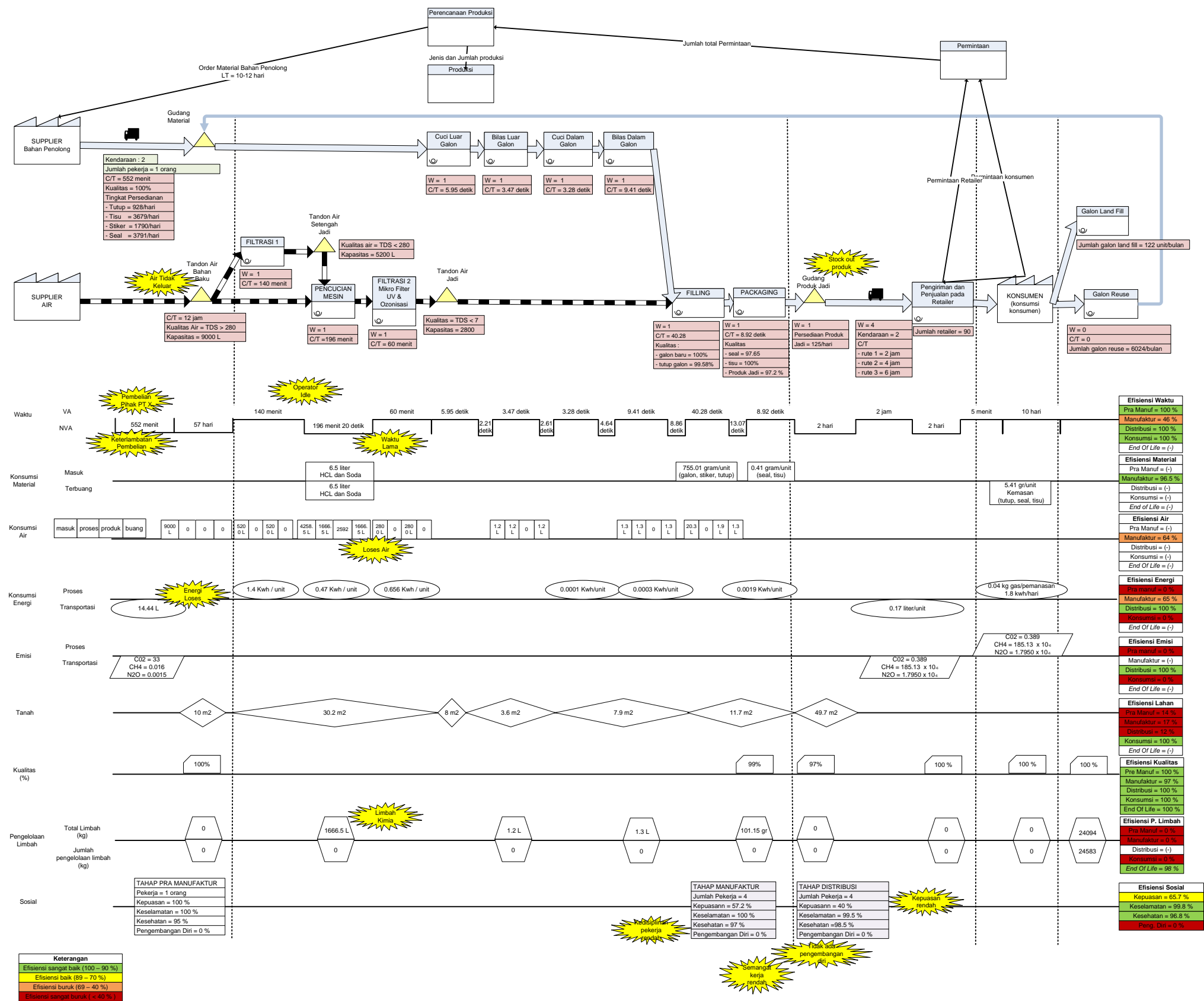
Dari Tabel 4.59 Dapat diketahui bahwa pada tahap konsumsi terdiri dari 100% aktivitas memberi nilai tambah (VA). Hal ini disebabkan merupakan proses penggunaan kembali kemasan yang telah kosong menjadi produk baru. Karena pada tahap *end of life* hanya proses penggunaan kembali maka proses yang dilakukan sama seperti pada tahap manufaktur ketika proses sterilisasi galon. Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap konsumsi dapat dilihat pada Tabel 4.60

Tabel 4.60 Pengukuran Efisiensi pada Tahap *End of Life* PT X

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi  | Perhitungan             | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|--|-------------------------|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | Waktu <i>value added</i> /total waktu proses renewable   | -                       | -                   |
|            | Biaya              | Biaya proses renewable <i>value added</i> /total biaya   |                         |                     |
|            | Tingkat Persediaan | $\frac{\text{Jumlah produk renewable}}{\text{Total produk pasca pakai}}$                       | $= \frac{24094}{24583}$ | 98 %                |
|            | Kualitas           | $\frac{\text{Jumlah produk renewable berkualitas}}{\text{Total produk renewable}}$             | $= \frac{24094}{24094}$ | 100 %               |
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Kebutuhan material value added proses renewable}}{\text{Total material}}$         | -                       | -                   |
|            | Energi             | $\frac{\text{Kebutuhan energi value added proses renewable}}{\text{Total energi}}$             | -                       | -                   |
|            | Air                | $\frac{\text{Kebutuhan air value added proses renewable}}{\text{Total air}}$                   | -                       | -                   |
|            | Tanah              | $\frac{\text{Kebutuhan lahan value added proses renewable}}{\text{Total lahan}}$               | -                       | -                   |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Kebutuhan emisi value added proses renewable}}{\text{Total emisi}}$               | -                       | -                   |
|            | Pengelolaan limbah | $\frac{\text{Limbah yang dikelola}}{\text{Total limbah}}$                                      | $= \frac{24094}{24583}$ | 98 %                |
| Sosial     | Kepuasan           | $\frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}}$                                  | -                       | -                   |
|            | Keselamatan        | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{total pegawai} - \text{jumlah hari kerja}}$ | -                       | -                   |
|            | Kesehatan          | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai izin sakit}}{\text{total pegawai} - \text{jumlah hari kerja}}$ | -                       | -                   |
|            | Pengembangan Diri  | $\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{total pegawai}}$                                  | -                       | -                   |

#### 4.6 Current LC-VSM PT X

Hasil pengumpulan dan pengolahan data pada PT X digambarkan pada peta LC-VSM. Hasil peta LC-VSM dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 LC-VSM PT X

#### **4.6.1 Analisis hasil LC-VSM PT X**

##### **A. Analisis Waktu:**

Dari hasil pemetaan LC-VSM dapat diketahui bahwa waktu yang memiliki efisiensi buruk adalah pada tahap manufaktur. Efisiensi yang kurang baik ini disebabkan oleh adanya proses pencucian mesin yang dilakukan dalam waktu lama sekitar 3 jam. Proses ini tergolong aktivitas NNVA karena aktivitas ini tidak memberikan nilai tambah namun perlu dilakukan untuk menjamin air yang dihasilkan memenuhi tingkat  $TDS < 6$ . TDS rendah diyakini oleh konsumen mampu memberikan manfaat lebih pada kesehatan. Sehingga hal ini yang diunggulkan oleh produk AMDK galon PT X, namun TDS yang diizinkan oleh kementerian lingkungan hidup mengenai tingkat TDS pada air minum adalah 500 mg. Oleh karena itu perlu dilakukan efisiensi proses pencucian mesin.

##### **B. Analisis Material**

Material yang digunakan pada AMDK galon adalah bahan kimia untuk proses pencucian mesin dan penggunaan kemasan pada AMDK galon. Konsumsi air ini tidak memberikan nilai tambah produk, namun perlu dilakukan untuk menjamin tingkat TDS rendah. Jumlah bahan kimia yang dibutuhkan untuk proses pencucian mesin adalah 6.5 liter HCL dan soda kaustik. 6.5 liter yang digunakan akan menjadi limbah pada proses pencucian.

##### **C. Analisis Air**

Konsumsi air yang terbesar adalah aktivitas pencucian mesin seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

##### **D. Analisis Energi dan Emisi**

Konsumsi energi yang terbesar adalah proses pembelian bahan baku dengan menggunakan kendaraan PT X. Hal ini menyebabkan adanya pemborosan pada energi dan menghasilkan emisi yang cukup besar. Konsumsi pada aktivitas konsumsi oleh konsumen tidak dapat dihindarkan karena hal tersebut telah menjadi kebijakan pengguna. Proses pemanasan atau pendinginan air minum oleh konsumen berdasarkan keinginan dan kebutuhan konsumen bukan karena kualitas air yang disediakan oleh PT X.

#### E. Analisis Tanah

Secara keseluruhan area tanah yang digunakan untuk proses produksi dan area lahan hijau masih rendah bila dibandingkan dengan luas area total.

#### F. Analisis Kualitas

Kualitas air yang dihasilkan baik bila ditinjau dari jumlah cacat yang teridentifikasi. Namun masih perlu dilakukan uji laboratorium untuk menjamin kualitas air memenuhi standar air minum yang disyaratkan.

#### G. Analisis Pengelolaan Limbah

Pada PT X tidak terdapat pengelolaan limbah untuk limbah cair dan limbah kemasan, limbah yang dikelola adalah limbah kemasan galon yaitu dengan penggunaan kembali galon untuk diisi ulang. Namun galon yang tidak dapat digunakan kembali tidak dilakukan pengelolaan.

#### H. Analisis Sosial

Kepuasan pekerja cenderung rendah, hal ini disebabkan oleh ketidaksesuaian gaji dengan UMR. Ketidaksesuaian ini menyebabkan pekerja merasa belum mampu memenuhi kebutuhan keluarganya dengan bekerja pada perusahaan ini. Selain hal tersebut tidak ada pengembangan diri pada perusahaan ini sehingga para pekerja tidak ada jenjang karir.

### 4.6.2 Identifikasi 7 Waste

Dari gambar 4.16 dapat diketahui pula mengenai waste yang terdapat pada PT X. waste tersebut adalah:

#### A. Waste *Ekonomi*

##### 1. *Waste Over Production*

Dari tingkat persediaan pada rantai produksi, jumlah produksi cenderung tepat jumlah dengan kebutuhan konsumen, namun terkadang masih belum mampu memenuhi kebutuhan konsumen. Sehingga perlu untuk meningkatkan jumlah produksi.

##### 2. *Waste Defect*

Dari hasil data yang dikumpulkan pada tahap pra manufaktur, manufaktur, distribusi, konsumsi, dan pasca konsumsi (*end of life*) diketahui bahwa tingkat produk cacat yang didapatkan cukup rendah,

namun hal ini tidak mengindikasikan bahwa kualitas produk telah baik. Hal ini disebabkan oleh sulitnya identifikasi cacat pada produk jenis air.

### **3. *Waste Unnecessary Inventory***

Dari hasil perhitungan tingkat persediaan pada tahap pra manufaktur diketahui tingkat persediaan material masih banyak setiap harinya melebihi kebutuhan produksi. Sedangkan tingkat persediaan pada tahap manufaktur sudah baik karena tidak ada WIP. Pada tahap distribusi persediaan pada gudang jadi cukup baik karena waktu pengiriman material tidak melebihi dua hari dan waktu pendistribusian material pada retailer tidak melebihi 3 hari. Pada tahap konsumsi dan end of life tidak terdapat persediaan.

### **4. *Waste Inappropriate Processing***

Dari hasil pengamatan didapatkan bahwa pada tahap manufaktur terdapat beberapa proses yang kurang tepat atau tidak memberikan penambahan nilai pada produk namun perlu dilakukan (NNVA), proses tersebut adalah proses pembelian manual pada supplier dan proses pencucian mesin yang dilakukan setiap 1 batch produksi (5200 liter) dilakukan. Proses pembelian pada supplier membutuhkan banyak tenaga, energi, waktu, dan biaya. Pembelian pada supplier lebih baik dengan menggunakan jasa supplier sehingga tidak memberikan dampak ekonomi, lingkungan, dan sosial pada PT X. Aktivitas pencucian mesin merupakan hal NNVA, hal ini disebabkan oleh banyaknya air terbuang dan limbah bahan kimia yang dihasilkan dari proses ini. Limbah air dan bahan kimia yang terbuang akibat proses pencucian mesin adalah sebesar 1666.5 L setiap 1 batch produksi. Semakin banyak proses produksi batch yang dilakukan maka limbah akan semakin banyak.

### **5. *Waste Excessive Transportation***

Dari hasil pengamatan diketahui bahwa *waste* transportasi pada tahap pra manufaktur adalah proses pembelian material pada supplier dengan menggunakan jasa PT X atau secara manual. Hal ini memberikan banyak dampak negative kepada PT X seperti keterlambatan material, peningkatan biaya

Sedangkan pada tahap manufaktur *waste* transportasi cenderung rendah sehingga sistem dikatakan baik. Pada workstation pencucian luar galon jarak perpindahan galon dari gudang galon kosong menuju proses pencucian luar adalah maksimum 2 meter dan jarak perpindahan dari pencucian luar menuju pembilasan luar galon adalah 0.5 meter. Jarak perpindahan workstation pencucian luar menuju workstation pencucian dalam (mesin sikat galon) adalah 1.5 meter dan jarak perpindahan dari proses pencucian dalam (sikat galon) menuju proses pembilasan galon dalam (mesin pembilas galon) adalah 0.5 meter. Jarak perpindahan dari workstation pencucian dalam menuju workstation filling galon adalah 1 meter dan jarak perpindahan dari workstation filling galon menuju gudang jadi 5 meter. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa perpindahan material sudah baik karena memiliki jarak minimum. Pada tahap distribusi, konsumsi, dan end of life tidak terdapat waste transportasi.

#### **6. *Waste Waiting***

Dari hasil pengamatan diketahui waste waiting (menunggu) pada proses produksi pada umumnya adalah operator dan mesin sering idle (tidak bekerja). Hal ini disebabkan oleh beberapa hal antara lain:

1. Air bahan baku habis: hal ini disebabkan oleh air dari PAM tidak mengalir sehingga perlu untuk membeli air dari sumber air sebanyak 1 tangki (5000 liter). Kekurangan air ini mengakibatkan pekerja dan mesin berhenti beroperasi selama kurang lebih 3 jam karena menunggu proses pembelian dan pengiriman air oleh supplier air.
2. Material penolong habis: Hal ini disebabkan oleh keterlambatan pembelian bahan penolong. Kekurangan bahan penolong dapat terjadi akibat kurang baiknya struktur informasi dari bagian gudang menuju manager dan ketidaktepatan proses pengambilan keputusan pembelian material.
3. Proses pengisian tandon setengah jadi dan proses pencucian mesin: proses ini menyebabkan operator idle karena tidak terdapat aktivitas yang dapat dilakukan oleh operator lain. Operator lain menunggu

ketersediaan air jadi untuk diproses pengemasan. Operator idle disebabkan oleh proses ini terjadi setiap hari.

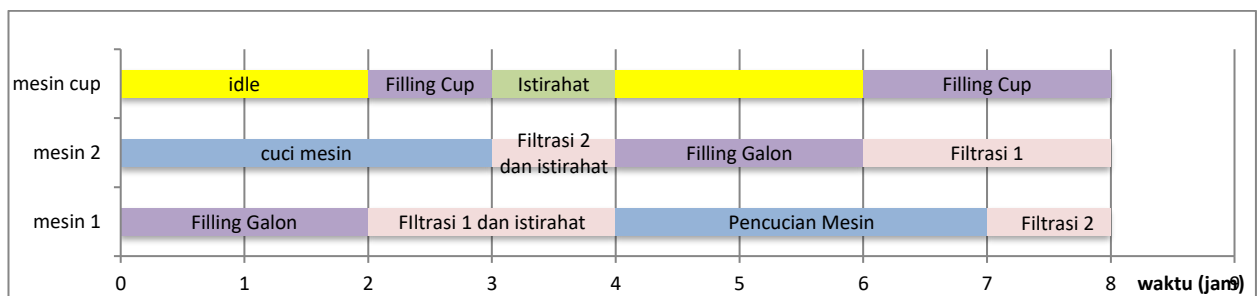
## 7. *Waste Unnecessary Motion*

Tidak ada *waste unnecessary motion* pada setiap tahap siklus hidup produk.

### 4.7 Rancangan Perbaikan

Dari hasil pemetaan pada LC-VSM didapatkan beberapa saran rancangan perbaikan yang dapat dilakukan, antara lain adalah:

1. Peningkatan jumlah produksi: peningkatan jumlah produksi berfungsi untuk mengurangi keterlambatan pengiriman akibat stock kurang dan memaksimalkan mesin yang dimiliki oleh PT X. PT X memiliki dua mesin sand filter 1 dan 2. Maka kapasitas yang dapat dihasilkan apabila kedua mesin digunakan secara maksimal adalah sebagai berikut:



Gambar 4.17 rekomendasi penjadwalan produksi

Tabel 4.64 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab

| Jam           | Mesin 1           | Mesin 2           | Mesin Cup       | Total pekerja |
|---------------|-------------------|-------------------|-----------------|---------------|
| 08.00 – 09.00 | Filling galon = 5 | Cuci mesin = 1    | Idle = 0        | 6             |
| 09.00 – 10.00 | Filling galon = 5 | Cuci mesin = 1    | Idle = 0        | 6             |
| 10.00 – 11.00 | Filtrasi 1 = 0    | Cuci mesin = 1    | Filling cup = 4 | 5             |
| 11.00 – 12.00 | Filtrasi 1 = 0    | Filtrasi 2 = 0    | Idle = 0        | istirahat     |
| 12.00 – 13.00 | Cuci mesin = 1    | Filling galon = 5 | Idle = 0        | 6             |
| 13.00 – 14.00 | Cuci mesin = 1    | Filling galon = 5 | Idle = 0        | 6             |
| 14.00 – 15.00 | Cuci mesin = 1    | Filtrasi 1 = 0    | Filling cup = 4 | 5             |
| 15.00 – 16.00 | Filtrasi 2 = 0    | Filtrasi 1 = 0    | Filling cup = 4 | 4             |

Filling galon terdiri dari 5 pekerja dengan tugas sebagai berikut:

- Pekerja bagian filling galon = 1 orang

- Pekerja bagian pencucian dan pembilasan galon dalam = 1 orang
- Pekerja bagian penyabunan galon dalam dan inspeksi = 1 orang
- Pekerja bagian pembilasan galon dalam dan inspeksi = 1 orang
- Pekerja bagian packaging = 1 orang

Filling cup terdiri dari 4 pekerja dengan tugas sebagai berikut:

- Pekerja bagian filling cup di mesin = 1 orang
- Pekerja packaging pada karton = 2 orang
- Pekerja finishing dan penataan = 1 orang

Dari hasil pengukuran kebutuhan pekerja maka jumlah pekerja yang optimal adalah 6 pekerja

Status pada setiap akhir jam kerja:

Mesin 1 : Tandon air setengah jadi hasil filtrasi 1 harus terpenuhi dan siap digunakan besok pagi

Mesin 2 : Tandon air jadi harus terpenuhi dan siap digunakan untuk besok pagi

Dari hasil pengukuran apabila pekerja dapat melaksanakan tugas dengan baik maka dalam 1 hari dapat menghasilkan 533 unit galon.

2. Papan informasi target produksi dan realisasi: untuk menjamin keteraturan dalam proses produksi dan distribusi maka perlu dilakukan perhitungan target produksi setiap tahunnya dan dilakukan pencatatan terhadap jumlah produksi yang terealisasi. Setiap kendala pada tidak terpenuhinya target produksi dilakukan pencatatan sebagai dasar evaluasi kinerja.
3. Efisiensi proses pembelian material: efisiensi proses pembelian material dapat dilakukan dengan memenuhi jumlah order untuk pengiriman oleh supplier. Hal ini dapat terpenuhi apabila kapasitas produksi meningkat.
4. Menambah 1 tandon air cadangan: penambahan tandon air cadangan bertujuan untuk mengurangi kemungkinan kekurangan air akibat air bahan baku tidak mengalir dengan baik. Tandon cadangan ini terpisah dari tandon utama yang berukuran 9000 L.



5. Pemisahan tandon air bahan baku dengan tandon air kebutuhan karyawan. Hal ini bertujuan untuk memudahkan identifikasi penggunaan air sesuai dengan standar yang diberikan.
6. Mengurangi waktu proses pencucian mesin: Waktu proses pencucian tergolong aktivitas NNVA sehingga perlu untuk diefisiensikan waktu pencucian untuk menghemat waktu, konsumsi, energi dan air yang dibutuhkan untuk proses pencucian mesin.
7. Form pencatatan (distribusi, proses, gudang): setiap proses keluar dan masuk material dan produk terdistribusi dilakukan pencatatan dengan baik. Sehingga tidak terjadi gap antara biaya actual dengan ketersediaan material / produk.
8. Papan informasi (pembagian tanggung jawab, absensi, dan daftar rencana produksi): perlu diberikan papan informasi mengenai pembagian tugas dan tanggung jawab setiap harinya. Hal ini bertujuan untuk memberikan rasa disiplin kepada para pekerja. Setiap pekerja akan mempertanggungjawabkan tugasnya pada akhir jam kerja. Berikut ini merupakan pembagian tugas dan tanggung jawab pekerja:

Tabel 4.64 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab

| Pekerja   | Bagian                   | Tugas dan Tanggung jawab  |
|-----------|--------------------------|---|
| Pekerja 1 | Gudang                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mencatat persediaan material yang masuk dan keluar</li> <li>• Inspeksi kualitas material</li> <li>• Menginformasikan material yang mendekati batas ROP kepada bagian pembelian material</li> <li>• Mencatat setiap penyebab material cacat berfungsi untuk mengevaluasi performansi supplier</li> <li>• Bertanggung jawab atas kualitas material pada proses penyimpanan material</li> <li>• Bertanggung jawab atas terpenuhinya tandon bahan baku dan air setengah jadi pada akhir jam kerja</li> </ul> |
| Pekerja 2 | Produksi pencucian mesin | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bertanggung jawab pada keberlangsungan proses pencucian</li> <li>• Bertanggung jawab atas kualitas air yang dihasilkan</li> <li>• Bertanggung jawab atas adanya keluhan pelanggan atas produk yang dihasilkan pada tanggal tersebut seperti air terasa tidak enak dan TDS tidak sesuai.</li> </ul>   |

Lanjutan Tabel 4.64 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab

| Pekerja   | Bagian                   | Tugas dan Tanggung jawab  |
|-----------|--------------------------|---|
| Pekerja 3 | Proses filling           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bertanggung jawab atas keberlangsungan proses pengisian air pada kemasan galon</li> <li>• Bertanggung jawab atas kualitas produk yang dihasilkan memenuhi seluruh kriteria kualitas</li> <li>• Bertanggung jawab atas adanya keluhan pelanggan atas produk yang dihasilkan pada tanggal tersebut seperti galon bocor, air keruh, dan air bau</li> <li>• Bertanggung jawab atas terpenuhinya target produksi</li> </ul> |
| Pekerja 4 | Proses Sterilisasi galon | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bertanggung jawab atas proses sterilisasi galon</li> <li>• Bertanggung jawab atas kualitas kebersihan galon yang dihasilkan</li> <li>• Bertanggung jawab atas adanya keluhan pelanggan atas produk yang dihasilkan pada tanggal tersebut seperti galon berlumut dan kotor</li> </ul>   |
| Pekerja 5 | Pemasaran                | Bertanggung jawab atas pemenuhan target penjualan   |
| Pekerja 6 | Distribusi               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bertanggung jawab atas ketepatan waktu dan jumlah pengiriman</li> <li>• Bertanggung jawab atas penggunaan bahan bakar</li> <li>• Bertanggung jawab atas kualitas produk ketika proses pengiriman</li> <li>• Bertanggung jawab atas ketepatan pembiayaan pembelian konsumen</li> <li>• Bertanggung jawab atas ketepatan jumlah galon kembali sesuai dengan ketepatan biaya.</li> </ul>                                  |

9. Membuat peraturan (SOP) setiap bagian (distribusi, gudang, proses): penyusunan SOP bertujuan untuk memberikan langkah pengerjaan sesuai dengan tugas dan tanggung jawab diberikan, sehingga kesalahan dalam proses dapat dikurangi seminimal mungkin akibat pekerja kurang paham. Selain pembentukan SOP maka perlu diberikan pengawasan langsung terhadap proses berlangsungnya kegiatan. Pengawasan ini berfungsi untuk menjamin pekerja melakukan tugasnya sesuai dengan SOP dan kelalaian yang dilakukan oleh pekerja dapat diberikan sanksi untuk pertanggungjawaban kelalaian.
10. Pemenuhan gaji sesuai dengan UMR. Pemenuhan gaji sesuai dengan UMR dapat memberikan kepuasan pada pekerja. Hal ini dapat

mengurangi tingkat pekerja yang masuk dan keluar. Pemenuhan UMR dapat dilakukan dengan mengukur kebutuhan pekerja dengan tepat sehingga tidak ada kelebihan pekerja.

11. Pemberian reward: untuk meningkatkan semangat pekerja maka perlu diberikan informasi mengenai pemberian reward. Pemberian reward ini dapat berdasarkan:
  - a. Jumlah ketepatan jam kedatangan, istirahat, dan kepulangan pekerja selama periode tertentu
  - b. Jumlah kehadiran pekerja selama periode tertentu
  - c. Jumlah ketepatan waktu dan jumlah produksi dengan target produksi
  - d. Jumlah ketepatan waktu dan jumlah pengiriman dengan pemesanan
  - e. Jumlah peningkatan penjualan produk
12. Pemberian punishment: untuk menjamin pekerja melakukan tugas dengan disiplin maka dapat diberikan punishment berdasarkan:
  - a. Jumlah keterlambatan lebih dari yang ditetapkan
  - b. Jumlah kerusakan material karena kesalahan pekerja melebihi yang diizinkan
  - c. Jumlah kerusakan produk karena kelalaian pekerja
13. Penggunaan produk joint produk: Galon yang tidak dapat digunakan lagi disarankan untuk dikembalikan kepada supplier galon untuk didaur ulang menjadi galon joint produk. Kebijakan ini dapat menjamin produk galon tidak langsung dibuang di tanah (landfill). Sehingga kerusakan lingkungan dan sosial dapat dikurangi.
14. Perbaikan lingkungan kerja: perbaikan lingkungan kerja yang perlu dilakukan adalah perbaikan pada lantai dan gedung produksi, sistem higienis ruang produksi, dan sistem penyimpanan produk jadi.
15. Penambahan bagian pemasaran: Penambahan struktur organisasi dengan adanya bagian pemasaran sangat penting untuk meningkatkan jumlah pasar. Produk dapat ditawarkan pada perusahaan –perusahaan dimana

memiliki kebutuhan air minum yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh tinggi peluang pasar pada konsumsi air minum pada perusahaan

16. Penambahan bagian Lab: untuk menjamin kesesuaian bahan terkandung pada AMDK galon PT X dan untuk menjamin kesehatan konsumen ketika mengkonsumsi air minum maka perlu dilakukan pengujian laboratorium terhadap air produk yang dihasilkan setiap harinya. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan buruk akibat keluhan pelanggan dari ketidaksehatan air minum.

#### 17. Pengurusan BPOM

Pengurusan BPOM bertujuan untuk menarik perhatian pasar dengan keberadaan produk, dengan adanya BPOM mampu memudahkan produk untuk dapat terdistribusi secara luas dengan jumlah yang besar.

Persyaratan pengurusan BPOM adalah:

1. Fotokopi ijin usaha industri
2. Hasil analisa lab yang berhubungan dengan produk (asli)
  - a. Zat gizi
  - b. Zat sesuai label
  - c. Uji kimia
  - d. Cemarkan mikro biologi
3. Pengisian Formulir
  - a. Formulir A : - sertifikat merek  
- sertifikat SNI
  - b. Formulir B : - Sertifikat bahan baku  
- Standar yang digunakan pabrik  
- Sertifikat kemasan  
- Uji kemasan
  - c. Formulir C : - proses produksi dan bahan baku  
- higienis dan sanitasi  
- denah dan lokasi pabrik
  - d. Formulir D : - Struktur Organisasi  
- Sistem pengawasan mutu  
- Sarana dan peralatan

## **BAB 5**

### **Penerapan LC-VSM Pada Perusahaan Y**

Penerapan LC-VSM pada PT Y akan dijelaskan pada bab ini. Bab ini terdiri dari beberapa bagian antara lain adalah profil perusahaan, pengukuran metrik triple bottom line (ekonomi, lingkungan, sosial), penggambaran *Current* LC-VSM, analisa hasil LC-VSM dan rancangan perbaikan.

#### **5.1 Profil Perusahaan PT Y**

PT Y merupakan sebuah koperasi yang berbadan hukum dan dimiliki oleh perusahaan manufaktur terbesar di Jawa Timur. PT Y berdiri pada 13 Agustus 1983 dengan berasas kekeluargaan dan gotong royong serta berdasar pada pancasila dan UUD 1945. PT Y memiliki beberapa unit usaha sebagai berikut:

Tabel 5.1 Unit Usaha PT Y

| Unit Usaha       |                       |
|------------------|-----------------------|
| 1. Swalayan      | 7. Trading            |
| 2. Toko Olahraga | 8. Jasa Sipil         |
| 3. Toko Bangunan | 9. Distribusi Pupuk   |
| 4. SPBU          | 10. Angkutan          |
| 5. Bengkel       | 11. Pabrik Petroganik |
| 6. Simpan Pinjam | 12. Pabrik AMDK       |

Sumber: Data Perusahaan

Pada penelitian fokus pada unit usaha PT Y yaitu AMDK PT Y. AMDK PT Y merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur yaitu produk AMDK (Air Minum Dalam Kemasan). Tujuan awal dari berdirinya unit usaha AMDK PT Y adalah untuk memenuhi kebutuhan air minum pada keluarga besar PT Y. Namun pada berjalannya waktu AMDK PT Y akan memperluas pangsa pasar produknya tidak hanya ke dalam keluarga besar PT Y namun juga pada masyarakat sekitar. Saat ini AMDK PT Y memiliki pangsa pasar sebesar 30%. AMDK PT Y memproduksi berbagai jenis produk yaitu:

1. Kemasan Cup dengan isi 240 ml
2. Kemasan Botol dengan isi 330 ml, 600 ml, dan 1500 ml

3. Kemasan Galon dengan isi 19 liter

#### **5.1.1 Kebijakan Mutu PT Y**

AMDK PT Y mengutamakan kualitas pada produknya. Keutamaan dari produk yang dihasilkan adalah tingkat ke higienisan dan kesegaran. Hal ini dilandasi dari sumber air yang digunakan adalah dari air permukaan (mata air) dan tanpa menggunakan proses ozonisasi seperti pada produk AMDK pada umumnya sehingga produk lebih segar dan sehat. Standar Mutu untuk sumber air dan pada tandon penampung AMDK PT Y adalah:

1. NO<sub>3</sub> : Maks 0.005 mg/l
2. NO<sub>2</sub> : Maks 45 mg/l
3. NH<sub>4</sub> : Maks 0.15 mg/l
4. CaCO<sub>3</sub> : Maks 150 mg/l
5. Fe : Maks 0.1 mg/l
6. SO<sub>4</sub> : Maks 200 mg/l
7. Turbiditas : Maks 1.5 NTU
8. TDS : Maks 500 mg/l
9. pH : Maks 6.0-8.5
10. Jernih tak berbau dan tak berwarna

Sedangkan standar mutu untuk proses adalah sebagai berikut:

1. Turbiditas : Maks 5 NTU
2. TDS : Maks 500 mg/l
3. pH : Maks 6.0-8.5
4. Tak warna, tak bau, dan tak rasa.

#### **5.1.2 Hari dan Jam Kerja PT Y**

PT Y setiap harinya beroperasi dalam 1 shift kerja, namun jam kerja lembur dapat terjadi apabila permintaan tinggi. Hari dan jam kerja pada jam kerja normal adalah sebagai berikut:

Senin s/d Kamis : 08.00 s/d 15.00 (istirahat 1 jam)  
Jumat : 08.00 s/d 15.00 (istirahat 1 jam)  
Sabtu : 08.00 s/d 12.00 (istirahat 1 jam)

### 5.1.3 Workstation dan Layout Pabrik PT Y

PT Y memiliki empat workstation utama dan 3 gudang dalam pabrik. Workstation tersebut yaitu:

1. *Workstation Water treatment*: Area untuk pengolahan air bahan baku menjadi air yang berkualitas dan siap untuk dikemas.
2. *Workstation Pencucian Luar Galon Manual*: Area untuk melakukan inspeksi galon yang akan digunakan serta mencuci apabila terdapat kotoran yang tidak dapat dibersihkan oleh mesin.
3. *Workstation produksi cup*: Area untuk melakukan proses produksi khususnya proses *packaging* pada kemasan cup
4. *Workstation produksi galon dan botol*: area untuk melakukan proses produksi khususnya proses *packaging* pada kemasan galon dan botol.

Sedangkan gudang yang dimiliki oleh PT Y adalah:

1. Gudang material: Area untuk menyimpan material penolong seperti kardus karton, seal, tutup galaon, tisu, dll.
2. Gudang barang jadi: Area untuk menyimpan produk jadi
3. Gudang galon kosong : Area untuk menyimpan galon kosong yang akan di digunakan (*reuse*)
4. Ruang stock galon : Area untuk menyimpan produk jadi galon sebelum di pindahkan pada gudang jadi
5. Tandon air bahan baku : tempat untuk menyimpan air yang dikirimkan dari sumber air pegunungan (pacet mojokerto). Tandon iyang dimiliki sebanyak 3 unit dengan kapasitas masing-masing 5.000, 10.000, dan 36.000 Liter.
6. Tandon air setengah jadi: tempat untuk menampung air yang telah selesai diproses pada *water treatment* dan menunggu untuk dikirim pada proses *filling* sesuai kemasan. Tandon air setengah jadi yang dimiliki sebanyak dua unit dengan kapasitas masing-masing adalah 3000 dan 5000 L.
7. Tandon air cuci: tempat untuk menyimpan air yang digunakan untuk mencuci kemasan sebelum digunakan.

Berikut ini merupakan layout dari pabrik PT Y:

Gambar 5.1 Denah Pabrik AMDK PT Y



#### 5.1.4 Jenis Mesin / peralatan PT Y

Pada proses distribusi dan proses produksi AMDK Galon, PT Y menggunakan beberapa mesin dan peralatan untuk memudahkan jalannya proses distribusi dan produksi. Berikut ini merupakan kendaraan yang dimiliki oleh PT Y dan digunakan untuk proses distribusi dari pabrik menuju retailer atau konsumen.

1. Truk box sebanyak 2 unit
2. Pick up sebanyak 3 unit
3. Grand max sebanyak 1 unit
4. Vitar sebanyak 2 unit
5. Sepeda motor sebanyak 2 unit

Sedangkan Peralatan yang digunakan untuk proses produksi terutama untuk kemasan galon adalah:

1. Proses *Water Treatment*
  - a) Tangki *Sand Filter* : PT Y memiliki dua buah sand filter yang berfungsi sebagai penyaring air. Sand filter pertama merupakan proses penyaringan dari debu atau kotoran (bentuk fisika). Sedangkan sand filter kedua merupakan proses penyaringan filter mikro.
  - b) Tangki *Carbon Aktive*: Tangki yang berisi karbon aktif berfungsi untuk menjernihkan air dan menghilangkan bau
  - c) Tangki Mikro filter: Tangki yang berfungsi untuk menyaring kotoran yang terdapat pada air dengan ukuran mikro. Tangki mikro filter ini terdapat 3 buah yaitu dengan ukuran penyaringan  $5\mu$ ,  $1\mu$ ,  $0.45\mu$ .
  - d) Mesin Ultraviolet dan ozon : Sebagai desinfeksi / sterilisasi air yang telah diolah

Daya yang dibutuhkan *proses water treatment* adalah 5500 VA.

2. Mesin sterilisasi Galon

Sebelum air dikemas kedalam galon maka dilakukan sterilisasi galon. Sterilisasi galon dilakukan secara otomatis dengan menggunakan mesin.

3. Mesin *Filling* dan *packaging* galon

Proses pengisian air yang telah diolah kedalam kemasan khususnya galon dilakukan secara otomatis oleh mesin. Mesin sterilisasi galon dan mesin filling galon memiliki daya sebesar 33.000 VA

## 5.2 Pemilihan Produk PT Y

Sesuai dengan tujuan awal penelitian yaitu perusahaan yang menggunakan proses *reverse logistic* maka pada PT Y produk yang menggunakan proses *reverse logistic* adalah AMDK dengan kemasan galon. Hal ini disebabkan oleh produk AMDK yang telah dikonsumsi oleh konsumen akan dikembalikan kepada perusahaan untuk ditukar dengan produk baru. Selain hal tersebut pemilihan produk juga dilatarbelakangi oleh AMDK kemasan galon memiliki jumlah permintaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk AMDK dengan kemasan lain pada PT Y. Berikut ini merupakan jumlah permintaan pada satu tahun terakhir pada setiap produk.

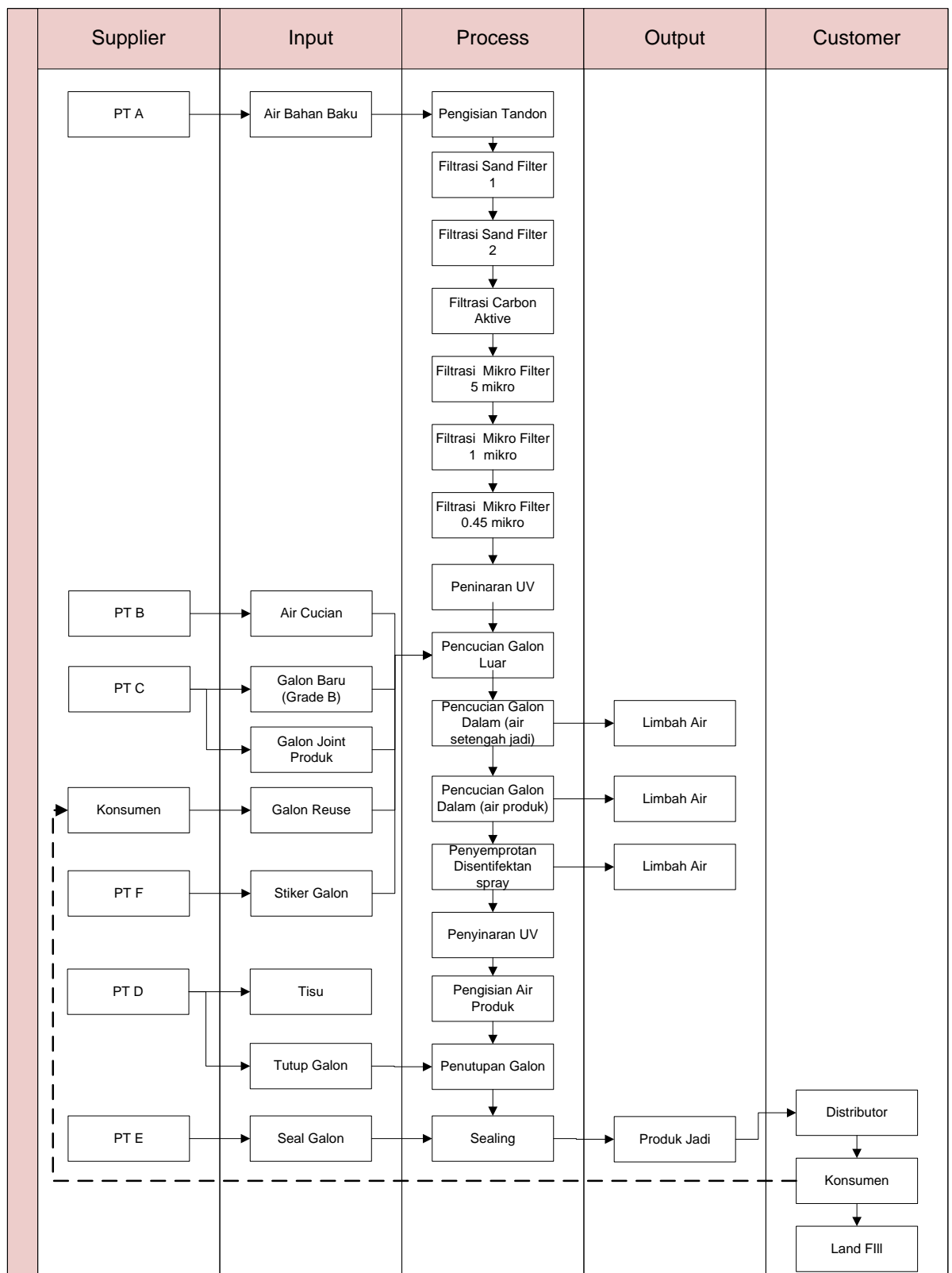
Tabel 5.2 Jumlah Permintaan Produk AMDK PT Y (Januari – Desember 2016)

| No.            | Bulan     | Galon          | Cup 240 ml     | Botol 1500 ml | Botol 600 ml  | Botol 330 ml  |
|----------------|-----------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| 1              | Januari   | 36.850         | 15.333         | 214           | 3.099         | 617           |
| 2              | Februari  | 32.669         | 13.248         | 54            | 2.748         | 793           |
| 3              | Maret     | 36.313         | 15.182         | 243           | 3.185         | 627           |
| 4              | April     | 35.192         | 15.536         | 210           | 4.063         | 714           |
| 5              | Mei       | 35.775         | 17.010         | 319           | 4.379         | 1.124         |
| 6              | Juni      | 24.053         | 17.287         | 273           | 2.018         | 831           |
| 7              | Juli      | 27.110         | 20.286         | 153           | 4.638         | 675           |
| 8              | Agustus   | 39.097         | 20.429         | 255           | 4.412         | 1.015         |
| 9              | September | 36.015         | 20.007         | 223           | 6.901         | 976           |
| 10             | Oktober   | 34.748         | 16.807         | 360           | 4.137         | 1.068         |
| 11             | November  | 34.196         | 17.777         | 227           | 4.555         | 1.065         |
| 12             | Desember  | 31.293         | 13.434         | 268           | 3.946         | 1.545         |
| <b>Total</b>   |           | <b>421.464</b> | <b>215.369</b> | <b>2.440</b>  | <b>45.688</b> | <b>6.693</b>  |
| <b>Total %</b> |           | <b>60.94%</b>  | <b>31.14%</b>  | <b>0.35%</b>  | <b>6.6 %</b>  | <b>0.97 %</b> |

Dari Tabel 5.2 dapat diketahui bahwa AMDK kemasan galon pada PT Y memiliki jumlah permintaan terbesar yaitu sebesar 60.94% dibandingkan dengan AMDK pada kemasan lain.

## 5.3 Proses Bisnis Perusahaan (AMDK Galon) PT Y

Untuk memudahkan dalam memahami proses bisnis dari PT Y untuk kemasan galon maka dibangun sebuah diagram SIPOC. Diagram SIPOC AMDK Galon PT Y dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Diagram SIPOC AMDK Galon PT Y

## 1. Proses Penerimaan Bahan Baku Utama dan Pembantu

Proses awal yang dilakukan pada tahap pra manufaktur adalah pembelian material penolong seperti galon, tutup galon, seal, tisu, dan stiker. Pembelian dilakukan dengan mengirimkan informasi pembelian kepada supplier dan pihak supplier akan mengirimkan pesanan pada waktu dan jumlah yang telah disepakati.

Sedangkan untuk pembelian bahan baku yaitu air pada pacet (mojokerto) dilakukan dengan melakukan pemesanan pada perusahaan tersebut dan dilakukan pengiriman. Ketika air tiba maka akan dilakukan inspeksi pada tangki dengan mengambil sampel air dan dilakukan uji seperti tingkat PH dan TDS. Bahan baku air yang telah lolos inspeksi akan disimpan pada tandon bahan baku dengan kapasitas 48000 liter.

## 2. Proses produksi

### a. Proses Filtrasi dengan Sand Filter

Proses filtrasi merupakan proses penyaringan dari kotoran dan debu yang ada di dalam air. Proses filtrasi dilakukan dua kali dengan menggunakan sand filter 1 dan sand filter 2. Sand filter pertama merupakan proses penyaringan dari debu atau kotoran (bentuk fisika). Sedangkan filtrasi kedua merupakan proses penyaringan filter mikro. Proses filtrasi dilakukan secara otomatis. Proses filtrasi dilakukan dengan menggunakan tangki stainless steel.

### b. Proses penyaringan dengan Carbon Active. Proses ini bertujuan untuk menyerap bau, menjernihkan air, dan menyerap klorin. Hal ini disebabkan karena karbon active memiliki banyak pori-pori sehingga mampu mengikat atau menyerap kontaminan pada air.

### c. Proses Penyaringan Mikro Filter ( $5\mu$ , $1\mu$ , $0.45\mu$ ). Proses ini bertujuan untuk menyaring zat zat terlarut yang memiliki ukuran mikro. Proses penyaringan ini dilakukan dengan tiga ukuran filter yaitu $5\mu$ , $1\mu$ , $0.45\mu$ . Hal ini bertujuan untuk menyakinkan dan menjamin bahwa air telah bersih dari seluruh zat zat terlarut.

d. Proses Penyinaran dengan Ultraviolet

Proses ini berfungsi untuk pembunuhan bakteri dengan mempertimbangkan intensitas panjang gelombang. Pada AMDK PT Y tidak melalui proses ozonisasi. Air yang telah melalui proses ultraviolet akan ditampung pada tandon intermediate atau tandon air setengah jadi dengan kapasitas 7000 dan 3000 L. Tangki ini berfungsi untuk menampung air yang telah melalui proses produksi dan menunggu untuk melalui proses pengisian ke dalam kemasan.

e. Proses Pengisian (*Filling*)

Proses filling merupakan proses pengisian air yang dilakukan sesuai dengan jenis produk yang diproduksi yaitu cup, botol, dan galon. Proses filling ini dilakukan secara otomatis.

f. Sterilisasi Galon

Sebelum proses filling, kemasan galon dilakukan sterilisasi terlebih dahulu dengan langkah sebagai berikut:

- 1) Inspeksi galon apakah galon layak atau tidak layak untuk digunakan
- 2) Pencucian bagian luar (dengan menggunakan sabun full cream)
- 3) Pencucian bagian dalam dengan menggunakan air setengah jadi
- 4) Pencucian bagian dalam dengan menggunakan air produk
- 5) Menyemprotkan disinfektan air spray air panas dengan 110 . karena mikrobiologi dan patologi pada air minum akan mati dalam panas tersebut
- 6) Disinfektan terakhir (disinari dengan UV dengan panjang gelombang 286  $\mu$ )

3. Proses Distribusi

Setelah produk AMDK telah selesai diisi dan dikemas maka produk akan dikirim menuju gudang produk jadi untuk menunggu dikirim menuju distributor dan konsumen. Produk jadi ini akan didistribukan kepada distributor, retailer, swalayan, hingga konsumen AMDK PT Z.

#### 4. Proses Konsumsi

Produk AMDK Galon digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumen

#### 5. Proses Pengembalian Galon

Setelah produk dikonsumsi oleh konsumen, kemasan galon akan dikembalikan oleh konsumen kepada retailer dan PT Y saat akan membeli ulang untuk diganti dengan produk baru. Galon kosong ini nantinya akan dikembalikan pada PT Y untuk digunakan ulang sebagai kemasan galon AMDK PT Y. Galon AMDK PT Y biasanya digunakan sebanyak 10 hingga 24 kali putaran atau hingga dianggap tidak layak digunakan. Galon dianggap tidak layak apabila bocor, berlumut, berbau bahan kimia dan kotoran, warna buram dan kulit galon susah dibersihkan. Kondisi ini pada umumnya menandakan bahwa galon sudah digunakan lebih dari 20 kali. Galon yang telah expired akan dikembalikan ke pemasok untuk digiling kembali (*recycle*) menjadi galon baru (*joint product*). Syarat galon dapat di *recycle* apabila tidak terdapat oli, chip, dan minyak.

Aliran informasi pada PT Y adalah sebagai berikut. Proses produksi dilakukan dengan MTO (make to order), yaitu melakukan produksi sesuai dengan jumlah permintaan konsumen. Proses informasi tersebut adalah diawali dengan perancangan target produksi tahunan dalam laporan dan pengesahaan Rencana Kerja Anggaran Perusahaan (RKAP). Dari hasil RKAP menjadi dasar bagi bagian pengadaan melakukan pemesanan bahan baku maupun bahan penolong melalui *pre order* kepada supplier yang telah memenuhi kriteria persyaratan yang dibutuhkan.

Kepala bagian produksi melakukan koordinasi dengan bagian pemasaran dan gudang terkait dengan realisasi produk, kebutuhan bahan penolong, dan penyusunan jadwal produksi yang lebih rinci yaitu pada periode bulanan, mingguan, dan harian. Jadwal ini yang nantinya akan menjadi landasan bagi seluruh karyawan dalam memproduksi setiap jenis produk setiap harinya. Setelah

dilakukan proses produksi maka dilakukan pelaporan kepada kepala bagian produksi terkait dengan pemenuhan target produksi.

#### 5.4 Pengukuran dan Pengumpulan Data PT Y

AMDK Galon PT Y melalui 5 tahapan siklus hidup produk yang terdiri dari pra manufaktur, manufaktur, distribusi, konsumsi, dan *end of life* produk. Pada setiap tahapan tersebut memiliki proses yang berbeda. Berikut ini merupakan tahapan dan aktivitas pada AMDK galon PT Y :

Tabel 5.3 Aktivitas pada Setiap Tahapan Siklus Hidup AMDK Galon PT X

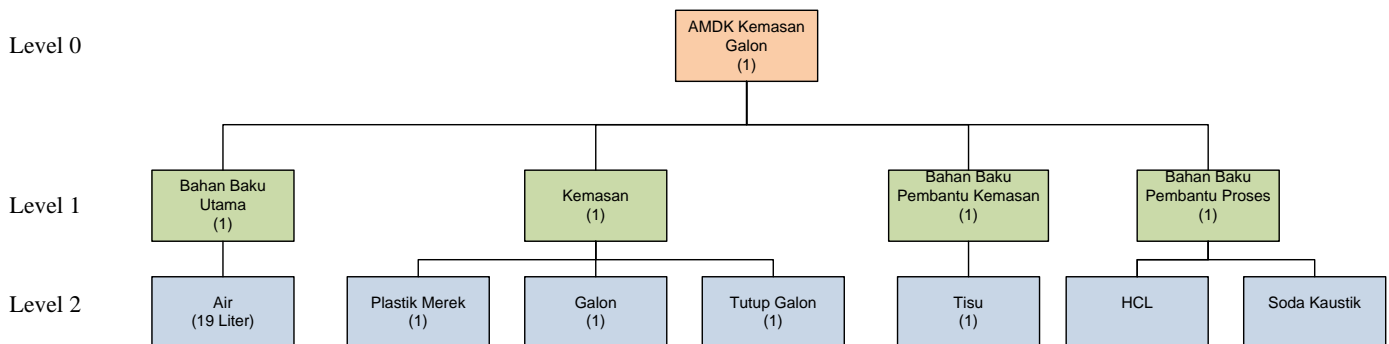
| Tahapan        | No  | Aktivitas                                    | Metode        | Waktu    |
|----------------|-----|--|---------------|----------|
| Pra Manufaktur | 1.  | Pembelian Bahan Baku Air                     | Pengamatan    | 5 jam    |
|                | 2.  | Inspeksi bahan baku dan material yang datang | Pengamatan    | 15 menit |
|                | 3.  | Pengiriman dan penataan material             | Pengamatan    | 15 menit |
|                | 4.  | Penyimpanan bahan baku penolong              | Perhitungan   | 183 hari |
|                | 5.  | Pengisian tandon bahan baku                  | Kecepatan Air | 45 menit |
| Manufaktur     | 1.  | Filtasi sand filter 1 dan 2                  | Kecepatan Air | 60 menit |
|                | 2.  | Carbon Aktive                                |               |          |
|                | 3.  | Mikro filter                                 |               |          |
|                | 4.  | UV   |               |          |
|                | 5.  | Inspeksi galon kosong                        | STS           | 3.31     |
|                | 6.  | Pencucian galon luar                         | STS           | 6.28     |
|                | 7.  | Transfer menuju ruang galon                  | Conveyor      | 6.40     |
|                | 8.  | Penyabunan luar galon                        | Mesin         | 4.40     |
|                | 9.  | Transfer                                     | Conveyor      | 4.78     |
|                | 10. | Penyemprotan air panas dan dingi             | Mesin         | 15.67    |
|                | 11. | Transfer                                     | Conveyor      | 39.67    |
|                | 12. | UV   | Mesin         | 6.39     |
|                | 13. | Transfer                                     | Conveyor      | 5.57     |
|                | 14. | Filling                                      | Mesin         | 19.6     |
|                | 15. | Transfer                                     | Conveyor      | 3.81     |
|                | 16. | Penutupan galon dengan tutup galon           | Mesin         | 3.68     |
|                | 17. | Transfer                                     | Conveyor      | 7.26     |
|                | 18. | Pemberian seal galon                         | STS           | 2.35     |
|                | 19. | Heat (sealing)                               | Mesin         | 4.98     |
|                | 20. | Transfer                                     | Conveyor      | 2.7      |
|                | 21. | Menunggu 1 pallet (28 galon)                 | STS           | 141.96   |
|                | 22. | Transfer menuju area produk jadi             | STS           | 45.39    |
| Distribusi     | 1.  | Penyimpanan pada gudang jadi                 | Perhitungan   |          |
|                | 2.  | Memindahkan ke truk                          | STS           | 2.82     |
|                | 3.  | Pengiriman ke retailer                       | Pengamatan    | 20 menit |

Lanjutan Tabel 5.3 Aktivitas pada Setiap Tahapan Siklus Hidup AMDK Galon PT X

| Tahapan     | No | Aktivitas   | Metode      | Waktu   |
|-------------|----|---|-------------|---------|
|             | 4. | Penyimpanan pada retailer                               | Perhitungan | 1 hari  |
|             | 5. | Pembelian oleh konsumen                                 | Pengamatan  | 5 menit |
| Konsumsi    | 1. | Proses konsumsi oleh konsumen                           | Kuesioner   |         |
| End Of Life | 1. | Penggunaan kembali kemasan Galon yang kembali pada PT X | -           | 0       |

#### 5.4.1 TAHAP PRA MANUFAKTUR PT Y

Pada tahap pra manufaktur, aktivitas yang dilakukan adalah pengiriman bahan baku pembantu untuk produk utama dari supplier. Berikut ini merupakan Bill of Material (BOM Tree) dari produk AMDK kemasan galon pada PT Y.



Gambar 5.3 Diagram BOM Tree AMDK Galon PT Y

Berikut ini merupakan Supplier dari bahan baku untuk AMDK kemasan galon pada PT Y.

Tabel 5.4 Supplier Kemasan AMDK Galon PT Y

| Produk             | Material            | Supplier | Alamat          |
|--------------------|---------------------|----------|-----------------|
| Air                | Air Cuci            | PT R     | Manyar          |
|                    | Air Baku            | PT T     | Pacet Mojokerto |
| AMDK kemasan Galon | Galon Baru          | PT B     | Pandaan         |
|                    | Galon Joint Product | PT F     | Pandaan         |
|                    | Seal                | PT C     | Malang          |
|                    | Tutup Galon         | PT C     |                 |
|                    | Tisu                | PT C     |                 |
|                    | Stiker galon        | PT A     | Surabaya        |



Pada tahap pra manufaktur proses pemeriksaan bahan baku air dan penolong dilakukan oleh satpam tepat ketika truk tangki air datang. Proses inspeksi yang dilakukan pada bahan baku air adalah inspeksi tingkat TDS dan PH air. Sedangkan pada bahan penolong terkait dengan kesesuaian dengan jumlah, spesifikasi, dan kualitas produk terhadap persyaratan yang diminta pada awal pemesanan. Hasil dari pemeriksaan apabila bahan dianggap baik maka dilakukan penyimpanan penyimpanan bahan baku air pada tandon air bahan baku dan bahan penolong pada gudang.

#### 5.4.1.1 Perhitungan Waktu Tahap Pra Manufaktur PT Y

PT Y melakukan pembelian air bahan baku dengan menggunakan kendaraan supplier dan kendaraan pribadi PT Y yaitu truk air sebanyak 1 unit. Dalam satu hari kendaraan truk PT Y dapat melakukan pembelian air sebanyak dua kali atau setiap pembelian membutuhkan waktu total 5 jam. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemesanan air adalah 1 hari, sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemesanan pada supplier dapat dilihat pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Performansi dan *Lead Time* Pemesanan Material Pada Supplier

| Bulan    | Material    | Tanggal Pesan (PO) | Tanggal Batas Kirim | Tanggal Kedatangan | Status          | LT Pesan |
|----------|-------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Januari  | Tisu        | 8 Januari          | 20 Januari          | 20 Januari         | Tidak Terlambat | 12       |
|          | Galon joint | 11 Januari         | 4 Februari          | 4 Februari         | Tidak Terlambat | 25       |
|          | Galon baru  | 22 Januari         | 28 Januari          | 29 Januari         | Terlambat       | 7        |
| Februari | Tutup galon | 10 Februari        | 20 Februari         | 29 Februari        | Terlambat       | 19       |
|          | Tisu        | 25 Januari         | 1 Februari          | 1 Februari         | Tidak Terlambat | 7        |
|          | Galon joint | 25 Januari         | 2 Februari          | 5 Februari         | Terlambat       | 11       |
|          |             | 25 Januari         | 2 Februari          | 3 Februari         | Terlambat       | 9        |
| Maret    | Tutup galon | 5 Februari         | 17 Februari         | 8 Maret            | Terlambat       | 31       |
|          |             | 5 Februari         | 17 Februari         | 10 Maret           | Terlambat       | 33       |
| April    | Tutup galon | 14 April           | 19 April            | 28 April           | Terlambat       | 14       |
|          | Tisu        | 5 April            | 19 April            | 28 April           | Terlambat       | 23       |
|          |             | 5 April            | 11 April            | 28 April           | Terlambat       | 23       |
|          | Stiker      | 22 Maret           | 25 Maret            | 1 April            | Terlambat       | 9        |
|          | Galon joint | 31 Maret           | 4 April             | 1 April            | Tidak Terlambat | 1        |
| Mei      | Galon joint | 18 April           | 2 Mei               | 30 Mei             | Terlambat       | 42       |
| Juni     | Tutup galon | 13 Juni            | 25 Juni             | 23 Juni            | Tidak Terlambat | 10       |
|          | Tisu        | 9 Juni             | 25 Juni             | 16 Juni            | Tidak Terlambat | 7        |
|          | Galon joint | 9 Juni             | 28 Juni             | 27 Juni            | Tidak Terlambat | 18       |
|          | Tisu        | 31 Mei             | 6 Juni              | 6 Juni             | Tidak Terlambat | 6        |
|          | Seal        | 14 Juni            | 19 Juni             | 19 Juni            | Tidak Terlambat | 5        |

Lanjutan Tabel 5.5 Performansi dan *Lead Time* Pemesanan Material Pada Supplier

| Bulan     | Material    | Tanggal Pesan (PO)              | Tanggal Batas Kirim | Tanggal Kedatangan | Status          | LT Pesan |
|-----------|-------------|---------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------|
| Juli      | -           | -                               | -                   | -                  | -               | -        |
| Agustus   | Tutup galon | 19 Juli                         | 18 Agustus          | 10 Agustus         | Tidak Terlambat | 22       |
|           | Galon joint | 9 Agustus                       | 16 Agustus          | 16 Agustus         | Tidak Terlambat | 7        |
|           |             | 25 Agustus                      | 29 Agustus          | 29 Agustus         | Tidak Terlambat | 4        |
| September | Seal        | 2 September                     | 9 September         | 9 September        | Tidak Terlambat | 7        |
|           | Galon joint | 6 September                     | 7 September         | 7 September        | Tidak Terlambat | 1        |
| Oktober   | Tutup galon | 22 September                    | 12 Oktober          | 25 Oktober         | Terlambat       | 33       |
|           | Tisu        | 11 Oktober                      | 16 Oktober          | 18 Oktober         | Terlambat       | 7        |
|           | Galon joint | 7 Oktober                       | 14 Oktober          | 17 Oktober         | Terlambat       | 10       |
| November  | Stiker      | 24 Oktober                      | 29 Oktober          | 10 Nobember        | Terlambat       | 16       |
|           | Galon joint | 14 Nobember                     | 21 Nobember         | 23 Nobember        | Terlambat       | 9        |
|           |             | 10 Nobember                     | 10 Desember         | 23 Nobember        | Tidak Terlambat | 13       |
| Desember  | Tutup galon | 14 Desember                     | 23 Desember         | 27 Desember        | Terlambat       | 13       |
|           | Galon joint | 11 Oktober                      | 16 Oktober          | 16 Oktober         | Tidak Terlambat | 5        |
|           |             | Jumlah Ketepatan Pengiriman     |                     |                    | 16              | -        |
|           |             | Jumlah Keterlambatan Pengiriman |                     |                    | 17              |          |
|           |             | Rata-rata LT                    |                     |                    | -               | 14       |

Dari hasil Tabel 5.5 Dapat diketahui bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk proses pemesanan material pada supplier adalah 14 hari dengan kualitas ketepatan waktu pengiriman sebesar 52 %. Ketidaktepatan pengiriman ini banyak dilakukan oleh supplier PT A yaitu supplier stiker.

Tabel 5.6 Persentase Ketepatan Pengiriman Supplier

| Supplier     | Material    | Jumlah PO | PO Terpenuhi | PO Terlambat | Persentase (%) |
|--------------|-------------|-----------|--------------|--------------|----------------|
| PT B         | Galon       | 15        | 8            | 7            | 53%            |
| PT A         | Stiker      | 2         | 0            | 2            | 0%             |
| PT C         | Tutup Galon | 7         | 3            | 4            | 43%            |
|              | Tisu        | 7         | 4            | 3            | 57%            |
|              | Seal        | 2         | 2            | 0            | 100%           |
| <b>Total</b> |             | <b>33</b> | <b>17</b>    | <b>16</b>    | <b>52%</b>     |

Waktu yang dibutuhkan untuk proses inspeksi atau pemeriksaan bahan baku ketika datang hingga bahan dinyatakan baik atau buruk adalah 15 menit. Sedangkan Waktu lama proses pengiriman dan penataan material adalah 15 menit. Lama simpan bahan pada gudang dapat dilihat pada Tabel 5.7 perhitungan waktu simpan dihitung dari jangka waktu pembelian ulang material. Jumlah hari dalam satu tahun adalah 365 hari. Sehingga waktu simpan untuk setiap material adalah:

$$\text{Waktu simpan} = \frac{\text{jumlah hari}}{\text{jumlah pembelian}}$$

$$\text{Waktu simpan stiker galon} = \frac{365}{2} = 182.5 \text{ hari} \sim 183 \text{ hari}$$

Tabel 5.7 Lama Simpan Material Pada Gudang

| Material    | Jumlah Pembelian dalam 1 tahun | Lama Simpan (hari) |
|-------------|--------------------------------|--------------------|
| Stiker      | 2                              | 183                |
| Tutup Galon | 7                              | 52                 |
| Tisu        | 7                              | 52                 |
| Seal        | 2                              | 183                |
| Galon       | 15                             | 24                 |

#### 5.4.1.2 Tingkat Persediaan Tahap Pra Manufaktur PT Y

Tingkat persediaan pada tahap pra manufaktur diartikan oleh Hartini et al (2016) adalah jumlah produk yang berkualitas baik setelah proses penyimpanan pada gudang. Berikut ini merupakan data tingkat loses air bahan baku selama proses penyimpanan pada tandon air bahan baku.

Tabel 5.8 Tingkat Loses air Bahan Baku

| Bulan     | Jumlah Loses (kali) | Total Loses (L) | Total Pembelian (L) |
|-----------|---------------------|-----------------|---------------------|
| Januari   | 0                   | 0               | 1.080.000           |
| Februari  | 1                   | 1884            | 898.000             |
| Maret     | 1                   | 5783            | 1.026.000           |
| April     | 0                   | 0               | 1.066.000           |
| Mei       | 0                   | 0               | 1.089.000           |
| Juni      | 1                   | 1034            | 761.000             |
| Juli      | 1                   | 5300            | 882.000             |
| Agustus   | 1                   | 3055            | 1.214.000           |
| September | 1                   | 7724            | 1.138.000           |
| Oktober   | 0                   | 0               | 1.167.000           |
| November  | 0                   | 0               | 1.079.000           |
| Desember  | 0                   | 0               | 968.000             |
| Total     | 6                   | 24780           | 12.368.000          |

Dari Tabel 5.8 Dapat diketahui bahwa selama proses penyimpanan air dalam tandon selama 12 bulan diketahui bahwa sebanyak 6 kali terjadi loses dalam satu tahun sehingga membuang air sebanyak 24780 liter air pada tandon. Sehingga 0.2 % air terbuang akibat oleh air kotor, air tidak memenuhi persyaratan

air bahan baku yang ditentukan, dan air berbau. Tabel 5.9 Merupakan persediaan material pada bulan April 2016. Tingkat persediaan dihitung dari jumlah total stok selama satu bulan dibagi dengan jumlah hari selama satu bulan. Sehingga dari Tabel 5.9 dapat diketahui rata-rata persediaan material pada tahap pra manufaktur per hari adalah 29351 unit untuk stiker, 52700 unit untuk tutup galon, 1009958 unit untuk seal, dan 70333 unit untuk tisu.

Tabel 5.9 Persediaan Material Pada Bulan April

| Tgl                | Stiker |        |        | Tutup |        |         | Seal    |        |          | Tisu   |        |         |
|--------------------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|---------|--------|----------|--------|--------|---------|
|                    | Masuk  | Keluar | Sisa   | Masuk | Keluar | Sisa    | Masuk   | Keluar | Sisa     | Masuk  | Keluar | Sisa    |
| Stock Akhir        | 24467  |        |        | 63000 |        |         | 1023930 |        |          | 75000  |        |         |
| 1                  | 5200   | 0      | 29967  | 0     | 1500   | 61500   | 0       | 0      | 1023930  | 0      | 0      | 75000   |
| 2                  | 0      | 0      | 29967  | 0     | 0      | 61500   | 0       | 0      | 1023930  | 0      | 0      | 75000   |
| 3                  | 0      | 0      | 29967  | 0     | 0      | 61500   | 0       | 0      | 1023930  | 0      | 0      | 75000   |
| 4                  | 0      | 150    | 29817  | 0     | 0      | 61500   | 0       | 0      | 1023930  | 0      | 5000   | 70000   |
| 5                  | 0      | 0      | 29817  | 0     | 1500   | 60000   | 0       | 5000   | 1018930  | 0      | 0      | 70000   |
| 6                  | 0      | 0      | 29817  | 0     | 1500   | 58500   | 0       | 0      | 1018930  | 0      | 0      | 70000   |
| 7                  | 0      | 0      | 29817  | 0     | 3000   | 55500   | 0       | 0      | 1018930  | 0      | 0      | 70000   |
| 8                  | 0      | 0      | 29817  | 0     | 0      | 55500   | 0       | 0      | 1018930  | 0      | 0      | 70000   |
| 9                  | 0      | 0      | 29817  | 0     | 0      | 55500   | 0       | 0      | 1018930  | 0      | 0      | 70000   |
| 10                 | 0      | 60     | 29757  | 0     | 1500   | 54000   | 0       | 6000   | 1012930  | 0      | 0      | 70000   |
| 11                 | 0      | 0      | 29757  | 0     | 1500   | 52500   | 0       | 0      | 1012930  | 0      | 5000   | 65000   |
| 12                 | 0      | 0      | 29757  | 0     | 0      | 52500   | 0       | 0      | 1012930  | 0      | 0      | 65000   |
| 13                 | 0      | 400    | 29357  | 0     | 1500   | 51000   | 0       | 0      | 1012930  | 0      | 0      | 65000   |
| 14                 | 0      | 0      | 29357  | 0     | 0      | 51000   | 0       | 0      | 1012930  | 0      | 0      | 65000   |
| 16                 | 0      | 0      | 29329  | 0     | 0      | 51000   | 0       | 0      | 1012930  | 0      | 0      | 65000   |
| 17                 | 0      | 60     | 29269  | 0     | 1500   | 49500   | 0       | 5000   | 1007930  | 0      | 0      | 65000   |
| 18                 | 0      | 0      | 29269  | 0     | 1500   | 48000   | 0       | 1000   | 1006930  | 0      | 5000   | 60000   |
| 19                 | 0      | 0      | 29269  | 0     | 1500   | 46500   | 0       | 0      | 1006930  | 0      | 0      | 60000   |
| 20                 | 0      | 0      | 29269  | 0     | 1500   | 45000   | 0       | 5000   | 1001930  | 0      | 0      | 60000   |
| 21                 | 0      | 408    | 28861  | 0     | 3000   | 42000   | 0       | 0      | 1001930  | 0      | 0      | 60000   |
| 22                 | 0      | 0      | 28861  | 0     | 1500   | 40500   | 0       | 0      | 1001930  | 0      | 0      | 60000   |
| 23                 | 0      | 0      | 28861  | 0     | 0      | 40500   | 0       | 0      | 1001930  | 0      | 0      | 60000   |
| 24                 | 0      | 0      | 28861  | 0     | 0      | 40500   | 0       | 0      | 1001930  | 0      | 0      | 60000   |
| 25                 | 0      | 0      | 28861  | 0     | 1500   | 39000   | 0       | 0      | 1001930  | 0      | 0      | 60000   |
| 26                 | 0      | 0      | 28861  | 0     | 0      | 39000   | 0       | 1030   | 1000900  | 0      | 5000   | 55000   |
| 27                 | 0      | 0      | 28861  | 0     | 0      | 39000   | 0       | 5000   | 995900   | 0      | 0      | 55000   |
| 28                 | 0      | 200    | 28661  | 36000 | 1500   | 73500   | 0       | 0      | 995900   | 100000 | 5000   | 150000  |
| 29                 | 0      | 0      | 28661  | 0     | 1500   | 72000   | 0       | 0      | 995900   | 0      | 0      | 150000  |
| 30                 | 0      | 0      | 28661  | 0     | 0      | 72000   | 0       | 0      | 995900   | 0      | 0      | 150000  |
| TOTAL              | 29667  | 1306   | 880532 | 99000 | 27000  | 1581000 | 1023930 | 28030  | 30298750 | 75000  | 25000  | 2110000 |
| Tingkat Persediaan |        |        | 29351  |       |        | 52700   |         |        | 1009958  | 70333  |        |         |

#### 5.4.1.3 Kualitas Tahap Pra Manufaktur PT Y

Berikut ini merupakan kualitas bahan baku air dan material penolong ketika material dikirimkan.

Tabel 5.10 Kualitas Bahan Baku Air dan Air Cucian

| Bulan     | Air Bahan Baku      |               | Air Cucian          |               |
|-----------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
|           | Total Pembelian (L) | Jumlah return | Total Pembelian (L) | Jumlah return |
| Januari   | 1.080.000           | 0             | 39                  | 0             |
| Februari  | 898.000             | 0             | 52                  | 0             |
| Maret     | 1.026.000           | 0             | 80                  | 0             |
| April     | 1.066.000           | 0             | 61                  | 0             |
| Mei       | 1.089.000           | 0             | 71                  | 0             |
| Juni      | 761.000             | 0             | 57                  | 0             |
| Juli      | 882.000             | 0             | 51                  | 0             |
| Agustus   | 1.214.000           | 0             | 79                  | 0             |
| September | 1.138.000           | 0             | 70                  | 0             |
| Oktober   | 1.167.000           | 0             | 58                  | 0             |
| November  | 1.079.000           | 0             | 42                  | 0             |
| Desember  | 968.000             | 0             | 0                   | 0             |
| Total     | 12.368.000          | 0             | 660                 | 0             |

Dari Tabel 5.10 dapat diketahui bahwa selama proses pembelian air selama 12 bulan diketahui bahwa tidak dijumpai air berkualitas buruk. Sehingga 100 % kualitas air baik sesuai dengan spesifikasi yang diminta. Berikut ini merupakan kualitas pembelian bahan penolong selama bulan januari hingga Desember 2016

Tabel 5.11 Hasil Inspeksi Kualitas Pembelian Bahan Penolong

| Bulan     | Galon Baru |       | Tutup Galon |       | Tisu     |       | Stiker Galon |       | Seal Galon |       | Galon Joint Produk |       |
|-----------|------------|-------|-------------|-------|----------|-------|--------------|-------|------------|-------|--------------------|-------|
|           | Material   | Cacat | Material    | Cacat | Material | Cacat | Material     | Cacat | Material   | Cacat | Material           | Cacat |
| Januari   | 1000       | 0     | -           | -     | 50.000   | 0     | -            | -     | -          | -     | 2000               | 0     |
| Februari  | -          | -     | 61.500      | 0     | 50.000   | 0     | -            | -     | -          | -     | 2000               | 0     |
| Maret     | -          | -     | 25.000      | 0     | -        | -     | -            | -     | -          | -     | -                  | -     |
| April     | -          | -     | 60.000      | 0     | 100.000  | 0     | 5200         | 0     | -          | -     | 500                | 0     |
| Mei       | -          | -     | -           | -     | -        | -     | -            | -     | -          | -     | 1000               | 0     |
| Juni      | -          | -     | 60.000      | 0     | 100.000  | 0     | -            | -     | 500.000    | 0     | 1000               | 0     |
| Juli      | -          | -     | -           | -     | -        | -     | -            | -     | -          | -     | -                  | -     |
| Agustus   | -          | -     | 50.000      | 0     | -        | -     | -            | -     | -          | -     | 1000               | 0     |
| September | -          | -     |             |       |          |       |              |       | 575.000    | 0     | 1500               | 0     |
| Oktober   | -          | -     | 60.000      | 0     | 50.000   | 0     | -            | -     | -          | -     | 1000               | 0     |

Lanjutan Tabel 5.11 Hasil Inspeksi Kualitas Pembelian Bahan Penolong

| Bulan    | Galon Baru |       | Tutup Galon |       | Tisu     |       | Stiker Galon |       | Seal Galon |       | Galon Joint Produk |       |
|----------|------------|-------|-------------|-------|----------|-------|--------------|-------|------------|-------|--------------------|-------|
|          | Material   | Cacat | Material    | Cacat | Material | Cacat | Material     | Cacat | Material   | Cacat | Material           | Cacat |
| November | -          | -     | -           | -     | 50.000   | 0     | 6000         | 0     | -          | -     | 1500               | 0     |
| Desember | -          | -     | 60.000      | 0     | -        | -     | -            | -     | -          | -     | 1500               | 0     |
| Total    | 1000       | 0     | 930.000     | 0     | 400.000  | 0     | 11.200       | 0     | 1075.000   | 0     | 11500              | 0     |
| %        | 100 %      |       | 100 %       |       | 100 %    |       | 100 %        |       | 100 %      |       | 100 %              |       |

#### 5.4.1.4 Konsumsi Material dan Air Tahap Pra Manufaktur PT Y (Tidak ada)

Pada proses pemeriksaan dan penyimpanan bahan baku air dan bahan penolong tidak terdapat konsumsi material dan air.

#### 5.4.1.5 Konsumsi Energi Tahap Pra Manufaktur PT Y

Pada tahap pra manufaktur bahan baku air didapatkan dengan dua cara yaitu dikirimkan oleh supplier dan diambil oleh pihak PT X dengan menggunakan truk tangki air dengan kapasitas 5000 L. Sedangkan untuk bahan penolong didapatkan melalui pemesanan dan pengiriman bahan oleh pihak supplier. Sehingga konsumsi energi yang dibutuhkan pada tahap pra manufaktur adalah bahan bakar yang dibutuhkan untuk melakukan pembelian bahan baku air pada supplier.

Tabel 5.12 Data Pembelian Bahan Baku Air dengan Kendaraan PT Y

| Bulan     | Total Pembelian (kali) | Bahan Bakar (L) |
|-----------|------------------------|-----------------|
| Januari   | 60                     | 1768            |
| Februari  | 50                     | 1500            |
| Maret     | 42                     | 1200            |
| April     | 44                     | 1320            |
| Mei       | 45                     | 1320            |
| Juni      | 49                     | 1500            |
| Juli      | 42                     | 1240            |
| Agustus   | 44                     | 1340            |
| September | 38                     | 1110            |
| Oktober   | 50                     | 1500            |
| November  | 31                     | 840             |
| Desember  | 51                     | 1540            |
| Total     | 546                    | 16178           |

Dapat diketahui bahwa untuk membeli bahan baku air selama satu tahun yaitu dengan 546 pembelian membutuhkan 16178 L bahan bakar bensin. Sehingga setiap kali pembelian membutuhkan 29.63 L.

#### 5.4.1.6 Emisi Tahap Pra Manufaktur PT Y

Emisi yang dihasilkan dari tahap pra manufaktur adalah emisi yang dihasilkan akibat penggunaan bahan bakar truk pada proses pembelian bahan bau air pada pacet. Dari Tabel 5.12 Dapat diketahui bahwa jumlah bahan bakar yang dibeli adalah 16178 pertahun atau 29.63 L setiap pembelian bahan baku air. Maka jumlah emisi yang dihasilkan dari pembakaran 16178 L solar adalah (metode pengukuran tier 1):

- 1) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk solar adalah  $36 \times 10^{-6}$  TJ/liter (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

$$\text{konsumsi energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (sat. fisik)} \times \text{nilai kalor} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi (tahunan)} &= 16178 \text{ L} \times 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 582408 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi (per pembelian)} &= 29.63 \times 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 1066.68 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

- 2) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar solar adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 74100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 3.9 \text{ kg CH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 3.9 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{TJ}$

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

Dimana a adalah jenis bahan bakar (premium, solar)

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (tahunan)} = 582408 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 74100 = 43156.43 \text{ Kg CO}_2$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (tahunan)} = 582408 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.9 = 2.27 \text{ Kg CH}_4$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} \text{ (tahunan)} = 582408 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.9 = 2.27 \text{ Kg N}_2\text{O}$$



Emisi CO<sub>2</sub> (per pembelian) =  $1066.68 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 74100 = 79.04 \text{ Kg CO}_2$

Emisi CH<sub>4</sub> (per pembelian) =  $1066.68 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.9 = 0.004 \text{ Kg CH}_4$

Emisi N<sub>2</sub>O (per pembelian) =  $1066.68 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.9 = 0.004 \text{ Kg N}_2\text{O}$

#### 5.4.1.7 Pengelolaan Limbah Tahap Pra Manufaktur PT Y

Limbah yang dihasilkan dari tahap pra manufaktur adalah limbah yang dihasilkan dari material buruk ketika proses penyimpanan, limbah air loses akibat air kotor pada tandon, dan air yang dibuang akibat proses pengurasan tandon. Dari Tabel 5.11 diketahui bahwa tidak terdapat material cacat akibat pembelian dan proses penyimpanan, sehingga tidak terdapat limbah material. Limbah air akibat air loses pada tandon dan air terbuang akibat proses pengurasan tandon dapat dilihat pada tabel 5.13 Dan 5.14

Tabel 5.13 Limbah Air Loses dan Material Tahap Pra Manufaktur PT Y

| Bulan            | Limbah Air loses | Limbah material cacat |
|------------------|------------------|-----------------------|
| Januari          | 0                | 0                     |
| Februari         | 1884             | 0                     |
| Maret            | 5783             | 0                     |
| April            | 0                | 0                     |
| Mei              | 0                | 0                     |
| Juni             | 1034             | 0                     |
| Juli             | 5300             | 0                     |
| Agustus          | 3055             | 0                     |
| September        | 7724             | 0                     |
| Oktober          | 0                | 0                     |
| November         | 0                | 0                     |
| Desember         | 0                | 0                     |
| <b>Total</b>     | <b>24780</b>     | <b>0</b>              |
| <b>Rata-rata</b> | <b>2065</b>      | <b>0</b>              |

Tabel 5.14 Limbah Air Pengurasan Tandon Tahap Pra Manufaktur PT Y

| Bulan            | Jumlah   | Total Air (L) |
|------------------|----------|---------------|
| Januari          | -        | 0             |
| Februari         | -        | -             |
| Maret            | -        | -             |
| April            | 1        | 2182          |
| Mei              | 1        | 6829          |
| Juni             | -        | 0             |
| Juli             | -        | 0             |
| Agustus          | -        | 0             |
| September        | -        | 0             |
| Oktober          | 1        | 9823          |
| November         | -        | 0             |
| Desember         | 1        | 5066          |
| <b>Total</b>     | <b>4</b> | <b>23900</b>  |
| <b>Rata-rata</b> |          | <b>5975</b>   |

Sehingga total jumlah limbah yang dibuang pada tahap pra manufaktur adalah 8040 setiap bulan. Limbah yang dihasilkan pada tahap pra manufaktur, untuk limbah bahan baku air tidak terdapat pengelolaan sehingga air langsung dialirkan pada saluran pembuangan air.

#### 5.4.1.8 Tanah Tahap Pra Manufaktur PT Y

Luas area yang digunakan pada tahap pra manufaktur yaitu untuk menyimpan tandon air bahan baku, air cucian, dan gudang material adalah sebagai berikut:

Tabel 5.15 Luas Konsumsi Area Produksi Pra Manufaktur PT Y

| Bulan             | Panjang (m) | Lebar (m) | Total (m <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------|-----------|-------------------------|
| Tandon bahan baku | 4           | 2         | 8                       |
|                   | 2           | 2         | 4                       |
| Tandon air cuci   | 4           | 2         | 8                       |
| Gudang Material   | 20          | 6         | 120                     |
| Total             |             |           | 140                     |

#### 5.4.1.9 Sosial Tahap Pra Manufaktur PT Y

Jumlah tenaga kerja yang dialokasikan pada gudang dan bertugas untuk memeriksa, mengkoordinasi, mencatat, dan menjaga bahan baku dan material

sejumlah 9 orang. Berikut ini merupakan perhitungan kepuasan, kesehatan, keselamatan, dan pengembangan diri pekerja pada tahap pra manufaktur (gudang).

### 1. Kepuasan

Tabel 5.16 Kepuasan Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan    | Jumlah | Persentase |
|---------------|--------|------------|
| Jml Pegawai   | 9      | 100 %      |
| Keluar        | 0      |            |
| Total pegawai | 0      |            |

Kepuasan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kepuasan pekerja} &= \left( \frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( \frac{9}{9} \right) \times 100 \% \\
 &= 100 \%
 \end{aligned}$$

### 2. Kesehatan

Tabel 5.17 Kesehatan Kerja Tahap Pra Manufaktur

| Bulan     | Jumlah Hari Kerja | Jumlah Hari Ijin Sakit |
|-----------|-------------------|------------------------|
| Januari   | 25                | 0                      |
| Februari  | 24                | 4                      |
| Maret     | 25                | 4                      |
| April     | 26                | 2                      |
| Mei       | 24                | 5                      |
| Juni      | 26                | 1                      |
| Juli      | 21                | 3                      |
| Agustus   | 26                | 3                      |
| September | 25                | 2                      |
| Oktober   | 26                | 3                      |
| November  | 25                | 1                      |
| Desember  | 25                | 1                      |
| Total     | 298               | 29                     |

$$\begin{aligned}
 \text{Kesehatan pekerja} &= \left( 1 - \frac{\text{jumlah hari pegawai izin sakit}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( 1 - \frac{29}{9 \times 298} \right) \times 100 \% \\
 &= 98,9 \%
 \end{aligned}$$

### 3. Keselamatan

Tabel 5.18 Keselamatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Bulan     | Jumlah Hari Kerja | Jumlah Hari Ijin Sakit |
|-----------|-------------------|------------------------|
| Januari   | 25                | 0                      |
| Februari  | 24                | 0                      |
| Maret     | 25                | 0                      |
| April     | 26                | 0                      |
| Mei       | 24                | 0                      |
| Juni      | 26                | 0                      |
| Juli      | 21                | 0                      |
| Agustus   | 26                | 0                      |
| September | 25                | 0                      |
| Oktober   | 26                | 0                      |
| November  | 25                | 0                      |
| Desember  | 25                | 0                      |
| Total     | 298               | 0                      |

Keselamatan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Keselamatan pekerja} &= \left(1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(1 - \frac{0}{9 \times 298}\right) \times 100 \% \\
 &= 100 \%
 \end{aligned}$$

### 4. Pengembangan Diri

Tabel 5.19 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan           | Jumlah | Efisiensi |
|----------------------|--------|-----------|
| Jml Pegawai Training | 0      | 0 %       |
| Total pegawai        | 9      |           |

Pengembangan diri pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase pengembangan diri} &= \left(\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{Total pegawai}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(\frac{0}{9}\right) \times 100 \% \\
 &= 0 \%
 \end{aligned}$$

#### 5.4.2 TAHAP MANUFAKTUR PT Y

Pada tahap manufaktur AMDK PT Y terdapat beberapa aktivitas yang terkait proses produksi sebagai berikut:

5. proses water treatment
6. proses pengisian pada kemasan galon

##### 5.4.2.1 Perhitungan Waktu Tahap Manufaktur PT Y

Perhitungan waktu pada tahap manufaktur dilakukan dengan menggunakan STS untuk beberapa aktivitas yang dilakukan secara manual oleh pekerja dan beberapa aktivitas lainnya menggunakan data standar karena waktu berlangsung secara tetap seperti menggunakan mesin dan conveyor. Tabel 4.20 merupakan aktivitas dan metode pengumpulan data waktu pada tahap manufaktur.

Tabel 4.20 Konsumsi Waktu Tahap Manufaktur PT Y

| No  | Aktivitas   | Metode        | Waktu (Detik) |
|-----|---|---------------|---------------|
| 1.  | Filtasi sand filter 1 dan 2   | Kecepatan Air | 60 menit      |
| 2.  | Carbon Aktive   |               |               |
| 3.  | Mikro filter  |               |               |
| 4.  | UV  |               |               |
| 5.  | Inspeksi galon kosong   | STS           | 3.31          |
| 6.  | Pencucian galon luar  | STS           | 6.28          |
| 7.  | Transfer menuju ruang galon   | Conveyor      | 6.40          |
| 8.  | Penyabunan luar galon   | Mesin         | 4.40          |
| 9.  | Transfer  | Conveyor      | 4.78          |
| 10. | Sterilisasi galon (Pembilasan Galon dengan penyemprotan air panas dan dingin) | Mesin         | 15.67         |
| 11. | Transfer  | Conveyor      | 39.67         |
| 12. | UV  | Mesin         | 6.39          |
| 13. | Transfer  | Conveyor      | 5.57          |
| 14. | Filling   | Mesin         | 19.6          |
| 15. | Transfer  | Conveyor      | 3.81          |
| 16. | Penutupan galon dengan tutup galon  | Mesin         | 3.68          |
| 17. | Transfer  | Conveyor      | 7.26          |
| 18. | Pemberian seal galon  | STS           | 2.35          |
| 19. | Transfer menuju mesin sealing   | Conveyor      | 2.11          |
| 20. | Heat (sealing)  | Mesin         | 4.98          |
| 21. | Transfer  | Conveyor      | 2.7           |
| 22. | Menunggu 1 pallet (28 galon)  | STS           | 141.96        |
| 23. | Transfer menuju area produk jadi  | STS           | 45.39         |

#### 5.4.2.2 Tingkat Persediaan Tahap Manufaktur PT Y

Berikut ini merupakan tingkat persediaan air jadi (WIP) pada PT Y selama tahun 2016

Tabel 5.21 Tingkat Persediaan (WIP) Air Produk PT Y

| Bulan         | Jumlah Air Produksi<br>(liter) | Jumlah Air Produk jadi<br>(liter) | WIP<br>(liter) |
|---------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Desember 2015 |                                |                                   | 11.000         |
| Januari 2016  | 1.080.000                      | 1.071.000                         | 20.000         |
| Februari      | 898.000                        | 902.000                           | 16.000         |
| Maret         | 1.026.000                      | 1.025.000                         | 17.000         |
| April         | 1.066.000                      | 1.066.000                         | 17.000         |
| Mei           | 1.089.000                      | 1.084.000                         | 22.000         |
| Juni          | 761.000                        | 766.000                           | 17.000         |
| Juli          | 882.000                        | 867.000                           | 32.000         |
| Agustus       | 1.214.000                      | 1.220.000                         | 26.000         |
| September     | 1.138.000                      | 1.135.000                         | 29.000         |
| Oktober       | 1.167.000                      | 1.175.000                         | 21.000         |
| November      | 1.079.000                      | 1.068.000                         | 32.000         |
| Desember      | 968.000                        | 967.500                           | 32.500         |
| Total         | 12.368.000                     | 12.346.500                        | 281.500        |

#### 5.4.2.3 Kualitas Tahap Manufaktur PT Y

Dari hasil produksi dilakukan proses pemeriksaan kualitas pada produk jadi didapatkan bahwa selama Tahun 2016 terdapat produk jadi cacat sebanyak 1.97 %. Hasil pemeriksaan kualitas produk jadi pada Bulan Januari 2016 hingga Desember 2016 didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 5.22 Hasil Kualitas Produksi

| Bulan     | Jumlah produksi | Cacat produksi | Persentase |
|-----------|-----------------|----------------|------------|
| Januari   | 37434           | 496            | 1.32%      |
| Februari  | 33517           | 779            | 2.32%      |
| Maret     | 36954           | 818            | 2.21%      |
| April     | 36124           | 812            | 2.25%      |
| Mei       | 36243           | 653            | 1.80%      |
| Juni      | 24143           | 466            | 1.93%      |
| Juli      | 27847           | 533            | 1.91%      |
| Agustus   | 40031           | 690            | 1.72%      |
| September | 36891           | 610            | 1.65%      |
| Oktober   | 34992           | 719            | 2.05%      |
| November  | 35805           | 822            | 2.30%      |
| Desember  | 31850           | 702            | 2.20%      |
| Total     | 411831          | 8100           | 1.97%      |

Dari Tabel 5.22 dapat diketahui bahwa produktivitas AMDK PT Y dalam memproduksi produk sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan adalah 98,03 %. Tabel 5.23 Merupakan kualitas bahan penolong ketika digunakan selama proses produksi

Tabel 5.23 Kualitas Material pada Tahap Manufaktur

| Bulan                   | Jumlah Produksi | Jumlah Cacat Produk | Seal Galon    |              | Tutup Galon   |              |
|-------------------------|-----------------|---------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|                         |                 |                     | Keluar        | Cacat        | keluar        | Cacat        |
| Januari                 | 37434           | 496                 | 38475         | 1041         | 38951         | 1517         |
| Februari                | 33517           | 779                 | 34400         | 883          | 34630         | 1113         |
| Maret                   | 36954           | 818                 | 37600         | 646          | 37561         | 607          |
| April                   | 36124           | 812                 | 38400         | 2276         | 36907         | 783          |
| Mei                     | 36243           | 653                 | 37500         | 1257         | 37375         | 1132         |
| Juni                    | 24143           | 466                 | 24500         | 357          | 25002         | 859          |
| Juli                    | 27847           | 533                 | 29000         | 1153         | 28563         | 716          |
| Agustus                 | 40031           | 690                 | 40700         | 669          | 40681         | 650          |
| September               | 36891           | 610                 | 38200         | 1309         | 46044         | 9153         |
| Oktober                 | 34992           | 719                 | 35200         | 208          | 42520         | 7528         |
| November                | 35805           | 822                 | 36071         | 266          | 36769         | 964          |
| Desember                | 31850           | 702                 | 32000         | 150          | 33079         | 1229         |
| <b>Jumlah</b>           | <b>411831</b>   | <b>8100</b>         | <b>422046</b> | <b>10215</b> | <b>438082</b> | <b>26251</b> |
| <b>% Material Cacat</b> |                 |                     | <b>2.42</b>   |              | <b>5.99</b>   |              |

Dari Tabel 5.23 Dapat diketahui bahwa 2.42 % seal tidak dapat digunakan dan 5.99 % tutup galon rusak sehingga tidak dapat digunakan. Sehingga jumlah cacat keseluruhan adalah 36366 unit atau sebesar 4.23 %. Seal pada umumnya tidak dapat digunakan akibat dari seal sobek ketika digunakan, sulit dibuka, atau seal memiliki cetakan gambar yang buruk atau tidak rapi. Sedangkan tutup galon yang tidak bisa digunakan diakibatkan oleh mesin rusak sehingga merusak tutup galon, tutup galon bocor, sobek, dan produk galon reject sehingga tutup galon harus dirusak untuk mengganti air dengan produk baru.

#### 5.4.2.4 Konsumsi Material Tahap Manufaktur PT Y

Sama hal nya dengan konsumsi material pada PT X yang ditunjukkan Tabel 4.28 pada Bab 4, konsumsi material pada PT Y terdiri dari penggunaan bahan penolong *packaging* yang terdiri dari galon, tutup galon, seal, tisu, dan stiker. Pada PT Y proses pencucian mesin dilakukan setiap  $\pm 3$  bulan, sehingga

konsumsi material untuk proses pencucian tidak dipertimbangkan dalam LC-VSM. Konsumsi material pada tahap manufaktur dapat dilihat pada tabel 5.24

Tabel 5.24 Konsumsi Material Tahap Manufaktur

| Material     | Masuk (unit) | Berat (gram/unit) |
|--------------|--------------|-------------------|
| Galon        | 1            | 750 gram          |
| Tutup galon  | 1            | 5                 |
| Stiker galon | 1            | 0.01              |
| Seal         | 1            | 0.01              |
| Tisu         | 1            | 0.4               |
| TOTAL        |              | 755.42            |

#### 5.4.2.5 Konsumsi Air Tahap Manufaktur PT Y

Pada PT X Air dibedakan menjadi dua jenis yaitu air bahan baku dan air cucian. Air bahan baku digunakan untuk proses pengolahan air (produksi) sehingga menjadi air minum yang berkualitas dan siap untuk didistribusikan kepada konsumen. Air cucian digunakan untuk proses sterilisasi dan proses pencucian mesin. Berikut ini merupakan beberapa aktivitas yang menggunakan air:

Tabel 5.25 Total Konsumsi Air Tahap Manufaktur PT Y

| Aktivitas                                    |                   | Sumber         | Konsumsi / Cycle  |
|--|-------------------|----------------|-------------------|
| Sterilisasi dan Cuci                         | Sterilisasi Pipa  | Air Bahan Baku | 5 Liter           |
|  | Sterilisasi Galon |                | 0.5 Liter         |
|  | Cuci Botol        |                | 0.5 Liter         |
| Produksi                                     | AMDK Galon        | Air Bahan Baku | 19 Liter          |
|  | AMDK Botol        |                | 1500, 600, 330 ml |
|  | AMDK Cup          |                | 240 ml            |
| <i>Back Wash Filter</i><br>(Pencucian mesin) | Sand Filter 1     | Air Cucian     | 3000 Liter        |
|  | Sand Filter II    |                | 3000 Liter        |
|  | Carbon Active     |                | 3000 Liter        |
| Pengurasan Tandon                            | Tandon            | Air Cucian     | 5000 Liter        |

Proses *back wash filter* dan pengurasan tandon tidak dilakukan setiap hari. Proses pencucian *back wash filter* dilakukan pada masing-masing tangki filter apabila ditemukan kualitas air yang diproduksi tidak mampu memenuhi persyaratan air minum yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut ini merupakan



data jumlah proses *back wash filter* dan pengurasan tandon pada Bulan Januari hingga Desember 2016.

Tabel 5.26 Data Jumlah Proses *Back Wash Filter* (Pencucian Mesin)

| Bulan     | Jumlah SF 1 | Jumlah SF 2 | Jumlah CA | Liter/cycle | Total |
|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------|
| Januari   | -           | -           | -         | 3000        | 0     |
| Februari  | -           | -           | -         | -           | 0     |
| Maret     | -           | -           | -         | -           | 0     |
| April     | 1           | 1           | 1         | 3000,6000   | 15000 |
| Mei       | -           | -           | -         | -           | 0     |
| Juni      | -           | -           | -         | -           | 0     |
| Juli      | -           | -           | -         | -           | 0     |
| Agustus   | -           | -           | -         | -           | 0     |
| September | -           | -           | -         | -           | 0     |
| Oktober   | 2           | 2           | 2         | 6000        | 36000 |
| November  | -           | -           | -         | -           | 0     |
| Desember  | 1           | 1           | 1         | 6000        | 18000 |
| Total     | 4           | 4           | 4         | -           | 69000 |

Selain untuk proses produksi dan proses *back wash filter*, air digunakan untuk proses lainnya seperti pengurasan tandon, sterilisasi pipa, dan proses sterilisasi kemasan galon.

Tabel 5.27 Data Konsumsi Air Sterilisasi Pipa Tahap Manufaktur PT Y

| Bulan     | Jumlah                       | Liter | Total (L) |
|-----------|------------------------------|-------|-----------|
| Januari   | 25 kali                      | 5     | 125       |
| Februari  | 10 kali                      | 5     | 50        |
| Maret     | 25 kali                      | 5     | 125       |
| April     | 26 kali                      | 5     | 130       |
| Mei       | 24 kali                      | 5     | 120       |
| Juni      | 15 kali                      | 5     | 75        |
| Juli      | 20 kali                      | 5     | 100       |
| Agustus   | 26 kali                      | 5     | 130       |
| September | 25 kali                      | 5     | 125       |
| Oktober   | 26 kali                      | 10    | 260       |
| November  | 26 kali                      | 10    | 260       |
| Desember  | 28 kali                      | 10    | 280       |
| Total     | 276 kali                     | 75    | 1780      |
| Rata-rata | 6.5 liter/proses sterilisasi |       |           |

Tabel 5.28 Data Konsumsi Air Sterilisasi Galon Tahap Manufaktur PT Y

| Bulan     | Sterilisasi<br>(Liter/unit) | Cuci dan Bilas<br>(liter/unit) |
|-----------|-----------------------------|--------------------------------|
| Januari   | 0.5                         | 0.8                            |
| Februari  | 0.5                         | 0.8                            |
| Maret     | 0.5                         | 0.8                            |
| April     | 0.5                         | 0.8                            |
| Mei       | 0.5                         | 0.8                            |
| Juni      | 0.5                         | 0.8                            |
| Juli      | 0.3                         | 0.8                            |
| Agustus   | 0.3                         | 0.8                            |
| September | 0.3                         | 0.8                            |
| Oktober   | 0.5                         | 0.8                            |
| November  | 0.5                         | 0.8                            |
| Desember  | 0.3                         | 0.8                            |
| Total     | 4.9                         | 8.8                            |
| Rata-rata | 0.43                        | 0.8                            |

Sehingga pada kemasan galon, konsumsi air (input dan output) pada setiap siklus proses produksi yang dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

Tabel 5.29 Konsumsi Air Produksi AMDK Galon PT Y

| Aktivitas            | Masuk (in)        | Keluar (Out) |                  |
|----------------------|-------------------|--------------|------------------|
|                      |                   | Produk (VA)  | Dibuang (loss)   |
| Sterilisasi Pipa     | 6.5 Liter / hari  | 0            | 6.5 Liter / hari |
| Cuci dan Bilas Galon | 0.8 liter / unit  | 0            | 0.8 liter / unit |
| Sterilisasi Galon    | 0.43 liter / unit | 0            | 0.43 liter/unit  |
| Filling              | 19.05 liter/unit  | 19 Liter     | 0.05 liter/unit  |

#### 5.4.2.6 Konsumsi Energi Tahap Manufaktur PT Y

Tabel 5.30 Merupakan Konsumsi energi pada proses *water treatment* (proses filtrasi, karbon aktif, mikro filter, dan UV) adalah pada bulan Januari 2016 hingga Desember 2016

Tabel 5.30 Konsumsi Energi *Water Treatment* Produksi AMDK Galon PT Y

| Bulan            | Daya 5500 VA (kwh) | Total Produksi Air (Liter) | Total Produksi Galon (Liter) | Daya Water Treatment Galon 5500 VA | Daya Water Treatment Galon Setiap proses (1 jam) | Rata-rata penggunaan listrik untuk 1 galon |
|------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|--|--|
| Januari          | 1232               | 937869.84                  | 711246                       | 934                                | 5.08   | 0.0013                                     |
| Februari         | 1009               | 825305.8                   | 636823                       | 779                                | 4.43   | 0.0012                                     |
| Maret            | 1228               | 920295.84                  | 702126                       | 937                                | 5.09   | 0.0013                                     |
| April            | 1127               | 933330.4                   | 686356                       | 829                                | 4.32   | 0.0012                                     |
| Mei              | 1148               | 963887.16                  | 688617                       | 820                                | 4.66   | 0.0012                                     |
| Juni             | 1180               | 724392.2                   | 458717                       | 747                                | 3.89   | 0.0016                                     |
| Juli             | 983                | 802578.28                  | 529093                       | 648                                | 4.26   | 0.0012                                     |
| Agustus          | 1143               | 1061589.08                 | 760589                       | 819                                | 4.27   | 0.0011                                     |
| September        | 1130               | 1046246.04                 | 700929                       | 757                                | 4.11   | 0.0011                                     |
| Oktober          | 1276               | 932649.12                  | 664848                       | 910                                | 4.74   | 0.0014                                     |
| November         | 1242               | 963983.64                  | 680295                       | 876                                | 4.76   | 0.0013                                     |
| Desember         | 1133               | 832964.72                  | 605150                       | 823                                | 4.47   | 0.0014                                     |
| <b>Total</b>     | <b>13831</b>       | <b>10945092.1</b>          | <b>7824789</b>               | <b>9879</b>                        | <b>54.08</b>                                     | <b>0.0153</b>                              |
| <b>Rata-rata</b> | <b>1152.6</b>      | <b>912091.0</b>            | <b>652065.8</b>              | <b>823.3</b>                       | <b>4.51</b>                                      | <b>0.0013</b>                              |

Sehingga total energi listrik selama tahun 2016 yang dibutuhkan untuk memproduksi 19 liter air minum dalam kemasan galon pada proses water treatment adalah 9879 liter atau daya yang dibutuhkan untuk setiap proses water treatment (1 jam) adalah 4.51 kwh. Sehingga jumlah energi listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan 19 liter air pada proses *water treatment* adalah 0.0013 kwh.

Tabel 5.31 Konsumsi Energi *Filling* Produksi AMDK Galon PT Y

| Bulan     | Daya 33.000 VA | Total Produksi Air (Liter) | Total Produksi Galon (Liter) | Daya Water Treatment Galon 33.000 VA | Rata-rata penggunaan listrik untuk 1 galon |
|-----------|----------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|
| Januari   | 25241          | 937869.84                  | 711246                       | 19142                                | 0.0269                                     |
| Februari  | 23276          | 825305.8                   | 636823                       | 17960                                | 0.0282                                     |
| Maret     | 28649          | 920295.84                  | 702126                       | 21857                                | 0.0311                                     |
| April     | 29228          | 933330.4                   | 686356                       | 21494                                | 0.0313                                     |
| Mei       | 29690          | 963887.16                  | 688617                       | 21211                                | 0.0308                                     |
| Juni      | 30876          | 724392.2                   | 458717                       | 19552                                | 0.0426                                     |
| Juli      | 31536          | 802578.28                  | 529093                       | 20790                                | 0.0393                                     |
| Agustus   | 36631          | 1061589.08                 | 760589                       | 26245                                | 0.0345                                     |
| September | 41817          | 1046246.04                 | 700929                       | 28015                                | 0.0400                                     |
| Oktober   | 38006          | 932649.12                  | 664848                       | 27093                                | 0.0408                                     |

Lanjutan Tabel 5.31 Konsumsi Energi *Filling* Produksi AMDK Galon PT Y

| Bulan            | Daya 33.000 VA | Total Produksi Air (Liter) | Total Produksi Galon (Liter) | Daya Water Treatment Galon 33.000 VA | Rata-rata penggunaan listrik untuk 1 galon |
|------------------|----------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|
| November         | 42262          | 963983.64                  | 680295                       | 29825                                | 0.0438                                     |
| Desember         | 36629          | 832964.72                  | 605150                       | 26611                                | 0.0440                                     |
| <b>Total</b>     | 393841.0       | 10945092.1                 | 7824789.0                    | 279795.0                             | 0.4333                                     |
| <b>Rata-rata</b> | 32820.1        | 912091.0                   | 652065.8                     | 23316.3                              | 0.0361                                     |

Tabel 5.31 merupakan konsumsi energi pada proses pengisian air (*filling*) pada kemasan galon pada bulan Januari 2016 hingga Desember 2016. Dari Tabel 5.31 dapat diketahui bahwa jumlah konsumsi energi selama Tahun 2016 untuk proses *filling* adalah 279795 kwh, maka jumlah energi yang dibutuhkan untuk proses *filling* dalam menghasilkan 1 unit galon adalah 0.036 kwh. Menurut hasil wawancara kepada mekanis energi yang dibutuhkan untuk proses transfer adalah 10% dari energi yang dikeluarkan, atau sebesar 0.0036. Dari tabel 5.30 Dan 5.31 Dapat diketahui bahwa energi listrik total yang dibutuhkan untuk proses produksi adalah 289674 liter pada Tahun 2016 dan 0.0375 kwh untuk menghasilkan 1 galon.

#### 5.4.2.7 Emisi Tahap Manufaktur PT Y

Tidak terdapat emisi pada proses produksi

#### 5.4.2.8 Tanah Tahap Manufaktur PT Y

PT Y memiliki luas area sebesar 2391.9 m<sup>2</sup>. Berikut ini merupakan penggunaan lahan pada area produksi PT Y

Tabel 5.32 Penggunaan Lahan PT Y

| Area          |  | Luas (m <sup>2</sup> ) | Total (m <sup>2</sup> ) |
|---------------|--|------------------------|-------------------------|
| Area Produksi | Ruang <i>water treatment</i>                       | 80.51                  | 199.19                  |
|               | Ruang Pencucian Galon Luar dan Gudang galon kosong | 37.96                  |                         |
|               | Ruang produksi galon dan botol                     | 43.225                 |                         |
|               | Ruang produksi cup                                 | 17.49                  |                         |
|               | Laboratorium                                       | 20                     |                         |
| Ruang Hijau   | Taman  | 36                     | 36                      |
| <b>Total</b>  |  | <b>235.19</b>          |                         |

Dari Tabel 5.32 Dapat diketahui bahwa luas area yang dimanfaatkan untuk proses produksi adalah 199.19 m<sup>2</sup> dengan luas area hijau adalah 36 m<sup>2</sup>. Sehingga area produksi memanfaatkan area total yang dimiliki PT Y seluas 10.14 %.

#### 5.4.2.9 Pengelolaan Limbah Tahap Manufaktur PT Y

Limbah yang dihasilkan dari proses produksi adalah limbah cair akibat proses sterilisasi galon, produk cacat, sterilisasi pipa, dan proses back wash filter. Selain limbah cair terdapat limbah padat yang dihasilkan akibat material cacat yang tidak dapat digunakan. Tabel 5.33 merupakan jumlah limbah yang dihasilkan pada tahap manufaktur.

Tabel 5.33 Limbah Tahap Manufaktur PT Y

| Bulan                     | Cair                        |                          |                          |                          | Padat                    |                    |                        |                          |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|
|                           | Sterilisasi galon (liter)   | Air produk cacat (liter) | Sterilisasi pipa (liter) | Back Wash Filter (liter) | Seal galon (gram)        | Tutup galon (gram) | Galon Land fill (gram) | Galon Joint (kg)         |
| Januari                   | 37434                       | 9424                     | 125                      | 0                        | 10.41                    | 7585               | 5250                   | 1500                     |
| Februari                  | 33517                       | 14801                    | 50                       | 0                        | 8.83                     | 5565               | 6000                   | 0                        |
| Maret                     | 36954                       | 15542                    | 125                      | 0                        | 6.46                     | 3035               | 7500                   | 375                      |
| April                     | 36124                       | 15428                    | 130                      | 15000                    | 22.76                    | 3915               | 6750                   | 750                      |
| Mei                       | 36243                       | 12407                    | 120                      | 0                        | 12.57                    | 5660               | 6000                   | 750                      |
| Juni                      | 24143                       | 8854                     | 75                       | 0                        | 3.57                     | 4295               | 4500                   | 0                        |
| Juli                      | 27847                       | 10127                    | 100                      | 0                        | 11.53                    | 3580               | 4500                   | 750                      |
| Agustus                   | 40031                       | 13110                    | 130                      | 0                        | 6.69                     | 3250               | 6000                   | 1125                     |
| September                 | 36891                       | 11590                    | 125                      | 0                        | 13.09                    | 45765              | 5250                   | 750                      |
| Oktober                   | 34992                       | 13661                    | 260                      | 36000                    | 2.08                     | 37640              | 6000                   | 1125                     |
| November                  | 35805                       | 15618                    | 260                      |                          | 2.66                     | 4820               | 6750                   | 1125                     |
| Desember                  | 31850                       | 13338                    | 280                      | 18000                    | 1.5                      | 6145               | 6000                   | -                        |
| <b>Total</b>              | <b>411831</b>               | <b>153900</b>            | <b>1780</b>              | <b>69000</b>             | <b>102.15</b>            | <b>131255</b>      | <b>70500</b>           | <b>7125</b>              |
| <b>Rata-rata</b>          | 34319.25                    | 12825.00                 | 148.33                   | 5750.00                  | 8.51                     | 10937.92           | 5875.00                | 593.75                   |
| <b>Total</b>              | <b>55042.58 Liter/bulan</b> |                          |                          |                          | <b>16821.43 kg/bulan</b> |                    |                        | <b>593.75 kg / bulan</b> |
| <b>Pengelolaan Limbah</b> | Saluran Pembuangan          |                          |                          |                          | Land fill                |                    |                        | Remanufacturing          |

Limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tidak dilakukan pengelolaan sehingga langsung disalurkan kedalam saluran pembuangan air. Sedangkan untuk limbah material khususnya pada kemasan galon dilakukan

remanufacturing dengan dikirimkan kepada supplier galon untuk didaur ulang menjadi galon baru.

#### 5.4.2.10 Sosial Tahap Tahap Manufaktur PT Y

Jumlah tenaga kerja yang dialokasikan pada gudang dan bertugas untuk memeriksa, mengkoordinasi, mencatat, dan menjaga bahan baku dan material sejumlah 17 orang. Berikut ini merupakan perhitungan kepuasan, kesehatan, keselamatan, dan pengembangan diri pekerja pada tahap pra manufaktur (produksi)

##### 1. Kepuasan

Tabel 5.34 Kepuasan Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan    | Jumlah | Persentase |
|---------------|--------|------------|
| Jml Pegawai   | 17     | 80.9 %     |
| Keluar        | 4      |            |
| Total pegawai | 21     |            |

Kepuasan pekerja produksi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kepuasan pekerja} &= \left( \frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( \frac{17}{21} \right) \times 100 \% \\
 &= 80.9 \%
 \end{aligned}$$

##### 2. Kesehatan

Tabel 5.35 Kesehatan Kerja Tahap Manufaktur

| Bulan     | Jumlah Hari Kerja | Jumlah Hari Ijin Sakit |
|-----------|-------------------|------------------------|
| Januari   | 25                | 0                      |
| Februari  | 24                | 0                      |
| Maret     | 25                | 0                      |
| April     | 26                | 0                      |
| Mei       | 24                | 1                      |
| Juni      | 26                | 8                      |
| Juli      | 21                | 3                      |
| Agustus   | 26                | 0                      |
| September | 25                | 2                      |
| Oktober   | 26                | 0                      |
| November  | 25                | 0                      |
| Desember  | 25                | 0                      |
| Total     | 298               | 14                     |

$$\begin{aligned}
 \text{Kesehatan pekerja} &= \left(1 - \frac{\text{jumlah hari pegawai izin sakit}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(1 - \frac{14}{17 \times 298}\right) \times 100 \% \\
 &= 99,7 \%
 \end{aligned}$$

### 3. Keselamatan

Tabel 5.36 Keselamatan Pekerja Tahap Manufaktur

| Bulan     | Jumlah Hari Kerja | Jumlah Hari Ijin Sakit |
|-----------|-------------------|------------------------|
| Januari   | 25                | 0                      |
| Februari  | 24                | 0                      |
| Maret     | 25                | 0                      |
| April     | 26                | 0                      |
| Mei       | 24                | 0                      |
| Juni      | 26                | 0                      |
| Juli      | 21                | 0                      |
| Agustus   | 26                | 0                      |
| September | 25                | 0                      |
| Oktober   | 26                | 0                      |
| November  | 25                | 0                      |
| Desember  | 25                | 0                      |
| Total     | 298               | 0                      |

Keselamatan pekerja produksi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Keselamatan pekerja} &= \left(1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(1 - \frac{0}{9 \times 298}\right) \times 100 \% \\
 &= 100 \%
 \end{aligned}$$

### 4. Pengembangan Diri

Tabel 5.37 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan           | Jumlah | Efisiensi |
|----------------------|--------|-----------|
| Jml Pegawai Training | 0      | 0 %       |
| Total pegawai        | 17     |           |

Pengembangan diri pekerja produksi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase pengembangan diri} &= \left(\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{Total pegawai}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(\frac{0}{17}\right) \times 100 \% \\
 &= 0 \%
 \end{aligned}$$

### 5.4.3 TAHAP DISTRIBUSI PT Y

Distribusi AMDK PT Y dari pabrik menuju konsumen dilakukan dengan dua macam yaitu dengan menggunakan kendaraan internal serta menggunakan jasa distribusi yang dimiliki oleh PT Y. Saat ini PT Y memiliki kendaraan internal sebanyak 2 truk dan 4 pickup. Konsumen utama dari AMDK PT Y adalah keluarga besar PT Y. Konsumen lainnya adalah perusahaan yang berada di Jawa serta masyarakat sekitar. Berikut ini merupakan daftar distributor, retail, dan konsumen AMDK PT Y

Tabel 5.38 Data Penjualan pada konsumen AMDK Galon PT Y

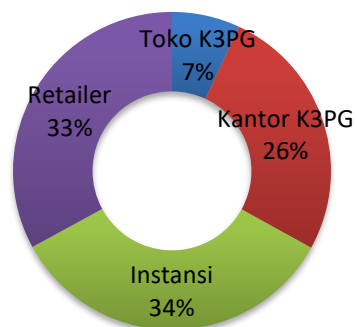
| Tipe                           | Kode | Rata-rata Penjualan/bulan | Total |
|--------------------------------|------|---------------------------|-------|
| Swalayan PT Y (2)              | S I  | 2141                      | 2599  |
|                                | S II | 458                       |       |
| Retailer kecil (tidak terdata) | R    | 12219                     | 12219 |
| Kantor PT Y (4)                | K.1  | 8654                      | 9490  |
|                                | K.2  | 515                       |       |
|                                | K.3  | 164                       |       |
|                                | K.4  | 157                       |       |
| Konsumen (51 Instansi)         | C.30 | 720                       | 12622 |
|                                | C.08 | 1698                      |       |
|                                | C.16 | 500                       |       |
|                                | C.17 | 164                       |       |
|                                | C.20 | 118                       |       |
|                                | C.21 | 195                       |       |
|                                | C.05 | 82                        |       |
|                                | C.25 | 221                       |       |
|                                | C.28 | 222                       |       |
|                                | C.36 | 77                        |       |
|                                | C.52 | 471                       |       |
|                                | C.18 | 13                        |       |
|                                | C.66 | 125                       |       |
|                                | C.83 | 571                       |       |
|                                | C.01 | 45                        |       |
|                                | C.02 | 3                         |       |
|                                | C.09 | 9                         |       |
|                                | C.10 | 13                        |       |
|                                | C.12 | 194                       |       |
|                                | C.14 | 35                        |       |
|                                | C.15 | 20                        |       |
|                                | C.26 | 13                        |       |
|                                | C.24 | 22                        |       |
|                                | C.29 | 220                       |       |



Lanjutan Tabel 5.38 Data Penjualan pada konsumen AMDK Galon PT Y

| Tipe  | Kode  | Rata-rata Penjualan/bulan | Total |
|-------|-------|---------------------------|-------|
|       | C.31  | 706                       |       |
|       | C.40  | 245                       |       |
|       | C.41  | 24                        |       |
|       | C.57  | 15                        |       |
|       | C.58  | 67                        |       |
|       | C.63  | 47                        |       |
|       | C.68  | 308                       |       |
|       | C.76  | 38                        |       |
|       | C.77  | 222                       |       |
|       | C.79  | 33                        |       |
|       | C.80  | 15                        |       |
|       | C.81  | 72                        |       |
|       | C.82  | 39                        |       |
|       | C.91  | 53                        |       |
|       | C.84  | 105                       |       |
|       | C.92  | 26                        |       |
|       | C.93  | 21                        |       |
|       | C.94  | 27                        |       |
|       | C.95  | 100                       |       |
|       | C.96  | 229                       |       |
|       | C.97  | 159                       |       |
|       | C.98  | 301                       |       |
|       | C.99  | 329                       |       |
|       | C.100 | 83                        |       |
|       | C.101 | 203                       |       |
|       | C.102 | 3404                      |       |
| Total |       | 33439                     | 33439 |

### Persebaran Produk AMDK Galon PT Y



Gambar 5.4 Persebaran Produk AMDK Galon PT Y

Dari Tabel 5.38 dan Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa sebesar 26 % produk dikonsumsi oleh keluarga besar perusahaan PT Y, sedangkan 74% lainnya dikonsumsi oleh masyarakat. Namun dapat dilihat pula bahwa 34% penjualan dilakukan langsung kepada instansi besar dan 33% dilakukan penjualan melalui retailer, dan 7% dilakukan penjualan pada 2 swalayan yang dimiliki oleh PT Y.

Retailer yang digunakan untuk obyek penelitian mewakili retailer lainnya adalah swalayan I yang dimiliki PT Y karena pada swalayan ini memiliki permintaan yang cukup tinggi dan stabil, sedangkan pada retailer lain seperti toko sekitar PT Y dirasa kurang mampu mewakili retailer lainnya. Karena ketidakstabilan permintaan. Swalayan 1 akan digunakan untuk menghitung tingkat persediaan pada swalayan, konsumsi air, konsumsi material, tanah, dan sosial. Sedangkan untuk kualitas, konsumsi energi, pengelolaan limbah akan dihitung secara keseluruhan pada distribusi.

#### 5.4.3.1 Perhitungan Waktu Tahap Distribusi PT Y

Waktu simpan produk jadi pada gudang PT Y dihitung dengan membagi jumlah total produksi selama bulan Januari hingga April 2016 terhadap jumlah tingkat distribusi selama bulan Januari hingga April 2016. Data jumlah produksi dan konsumsi dapat dilihat pada Tabel 5.39. Berikut ini merupakan perhitungan lama simpan produk jadi pada gudang PT Y

$$\text{lama simpan gudang PT Y} = \frac{\sum \text{produksi}}{\sum \text{distribusi}} = \frac{141122}{141032} = 1.0006$$

Dari perhitungan tersebut dan dilihat pada pergerakan produk pada Tabel 5.39 dapat diketahui bahwa tingkat produksi dan tingkat distribusi PT Y seimbang, sehingga waktu lama simpan galon pada gudang hanya selama 1 hingga 2 hari. Setelah proses penyimpanan pada gudang PT Y, produk akan didistribusikan kepada konsumen dan distributor PT Y. Waktu yang dibutuhkan untuk proses distribusi 1 yaitu pengiriman dari gudang jadi menuju swalayan PT Y membutuhkan waktu 20 menit. Sedangkan waktu untuk proses pembelian konsumen pada swalayan PT Y apabila hanya melakukan pembelian galon adalah

5 menit. Swalayan PT Y melakukan pembelian galon pada PT Y setiap hari sesuai dengan jumlah pengembalian galon kosong yang dilakukan oleh konsumen PT Y, sehingga jumlah waktu simpan produk pada swalayan PT Y adalah satu hari. Perhitungan lama simpan adalah sebagai berikut:

$$lama\ simpan\ swalayan\ PT\ Y = \frac{\sum produksi}{\sum distribusi} = \frac{8749}{8730} = 1.002$$

Dari perhitungan tersebut dan dilihat pada pergerakan produk pada Tabel 5.40 dapat diketahui bahwa tingkat pembelian (stock) dan tingkat penjualan swalayan PT Y seimbang, sehingga waktu lama simpan galon pada swalayan hanya selama 1 hingga 2 hari. Selama ini PT Y dan swalayan PT Y mampu memenuhi kebutuhan konsumen secara tepat waktu karena adanya jumlah stok produk jadi yang cukup.

#### **5.4.3.2 Tingkat Persediaan Tahap Distribusi PT Y**

Tabel 5.39 Merupakan tingkat persediaan produk jadi pada gudang PT Y, sedangkan Tabel 5.40 Merupakan tingkat persediaan produk pada swalayan PT Y. PT Y memiliki tingkat persediaan produk jadi 135086 unit selama bulan Januari hingga April, sehingga tingkat persediaan AMDK galon PT Y adalah 1116 unit / hari. Sedangkan swalayan PT Y memiliki tingkat persediaan 7765 unit selama bulan Januari hingga April, sehingga tingkat persediaan swalayan PT Y adalah 64 unit setiap hari.

Tabel 5.39 Tingkat Persediaan Produk Jadi AMDK Galon PT Y (Januari – April 2017)

| Januari   |          |            |             | Februari  |          |            |             | Maret     |          |            |             | April     |          |            |             |
|-----------|----------|------------|-------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|----------|------------|-------------|-----------|----------|------------|-------------|
| Tgl       | Produksi | Distribusi | Stock       | Tgl       | Produksi | Distribusi | Stock       | Tgl       | Produksi | Distribusi | Stock       | Tgl       | Produksi | Distribusi | Stock       |
|           |          |            | <b>1105</b> |           |          |            | <b>1183</b> |           |          |            | <b>1183</b> |           |          |            | <b>1075</b> |
| <b>1</b>  | 0        | 170        | 935         | <b>1</b>  | 1408     | 1243       | 1348        | <b>1</b>  | 1081     | 1242       | 1091        | <b>1</b>  | 1455     | 1397       | 1133        |
| <b>2</b>  | 789      | 860        | 864         | <b>2</b>  | 1426     | 1522       | 1252        | <b>2</b>  | 1375     | 1535       | 931         | <b>2</b>  | 680      | 929        | 884         |
| <b>3</b>  | 0        | 151        | 713         | <b>3</b>  | 1512     | 1748       | 1016        | <b>3</b>  | 1721     | 1405       | 1247        | <b>3</b>  | 0        | 195        | 689         |
| <b>4</b>  | 1896     | 1471       | 1138        | <b>4</b>  | 1636     | 1436       | 1216        | <b>4</b>  | 1312     | 1346       | 1213        | <b>4</b>  | 1844     | 1796       | 737         |
| <b>5</b>  | 1646     | 1698       | 1086        | <b>5</b>  | 1283     | 1156       | 1343        | <b>5</b>  | 579      | 572        | 1220        | <b>5</b>  | 2252     | 1516       | 1473        |
| <b>6</b>  | 1766     | 1769       | 1083        | <b>6</b>  | 1178     | 1153       | 1368        | <b>6</b>  | 0        | 133        | 1087        | <b>6</b>  | 1554     | 1395       | 1632        |
| <b>7</b>  | 1329     | 1295       | 1117        | <b>7</b>  | 0        | 185        | 1183        | <b>7</b>  | 1622     | 1553       | 1156        | <b>7</b>  | 1261     | 1322       | 1571        |
| <b>8</b>  | 1856     | 1629       | 1344        | <b>8</b>  | 0        | 336        | 847         | <b>8</b>  | 1463     | 1210       | 1409        | <b>8</b>  | 1224     | 1436       | 1359        |
| <b>9</b>  | 907      | 1069       | 1182        | <b>9</b>  | 1848     | 1669       | 1026        | <b>9</b>  | 0        | 130        | 1279        | <b>9</b>  | 939      | 1017       | 1281        |
| <b>10</b> | 0        | 329        | 853         | <b>10</b> | 1511     | 1395       | 1142        | <b>10</b> | 1351     | 1565       | 1065        | <b>10</b> | 0        | 167        | 1114        |
| <b>11</b> | 1899     | 1793       | 959         | <b>11</b> | 1145     | 1109       | 1178        | <b>11</b> | 1747     | 1378       | 1434        | <b>11</b> | 2174     | 1637       | 1651        |
| <b>12</b> | 1592     | 1634       | 917         | <b>12</b> | 1124     | 1219       | 1083        | <b>12</b> | 511      | 950        | 995         | <b>12</b> | 1320     | 1301       | 1670        |
| <b>13</b> | 1657     | 1573       | 1001        | <b>13</b> | 1108     | 1100       | 1091        | <b>13</b> | 0        | 202        | 793         | <b>13</b> | 1173     | 1290       | 1553        |
| <b>14</b> | 1423     | 1389       | 1035        | <b>14</b> | 0        | 174        | 917         | <b>14</b> | 1807     | 1588       | 1012        | <b>14</b> | 1100     | 1197       | 1456        |
| <b>15</b> | 1540     | 1632       | 943         | <b>15</b> | 1584     | 1241       | 1260        | <b>15</b> | 1091     | 1312       | 791         | <b>15</b> | 1370     | 1415       | 1411        |
| <b>16</b> | 906      | 982        | 867         | <b>16</b> | 1216     | 1429       | 1047        | <b>16</b> | 1763     | 1628       | 926         | <b>16</b> | 830      | 630        | 1611        |
| <b>17</b> | 0        | 297        | 570         | <b>17</b> | 1405     | 1306       | 1146        | <b>17</b> | 1576     | 1623       | 879         | <b>17</b> | 0        | 148        | 1463        |
| <b>18</b> | 1763     | 1609       | 724         | <b>18</b> | 1339     | 1300       | 1185        | <b>18</b> | 1707     | 1466       | 1120        | <b>18</b> | 1617     | 1663       | 1417        |
| <b>19</b> | 1805     | 1716       | 813         | <b>19</b> | 1257     | 1261       | 1181        | <b>19</b> | 836      | 943        | 1013        | <b>19</b> | 1474     | 1419       | 1472        |
| <b>20</b> | 1660     | 1884       | 589         | <b>20</b> | 799      | 957        | 1023        | <b>20</b> | 0        | 156        | 857         | <b>20</b> | 1726     | 1565       | 1633        |
| <b>21</b> | 1776     | 1513       | 852         | <b>21</b> | 0        | 197        | 826         | <b>21</b> | 1799     | 1744       | 912         | <b>21</b> | 1042     | 1304       | 1371        |
| <b>22</b> | 1377     | 1329       | 900         | <b>22</b> | 1784     | 1672       | 938         | <b>22</b> | 1843     | 1762       | 993         | <b>22</b> | 1564     | 1455       | 1480        |
| <b>23</b> | 647      | 859        | 688         | <b>23</b> | 1552     | 1354       | 1136        | <b>23</b> | 1724     | 1620       | 1097        | <b>23</b> | 730      | 709        | 1501        |
| <b>24</b> | 0        | 210        | 478         | <b>24</b> | 1453     | 1426       | 1163        | <b>24</b> | 1810     | 1578       | 1329        | <b>24</b> | 0        | 117        | 1384        |
| <b>25</b> | 1781     | 1484       | 775         | <b>25</b> | 1325     | 1335       | 1153        | <b>25</b> | 0        | 213        | 1116        | <b>25</b> | 1729     | 1638       | 1475        |

Lanjutan Tabel 5.38 Tingkat Persediaan Produk Jadi AMDK Galon PT Y (Januari – April 2017)

| Januari      |          |            |       | Februari     |          |            |       | Maret        |          |            |       | April        |          |            |       |
|--------------|----------|------------|-------|--------------|----------|------------|-------|--------------|----------|------------|-------|--------------|----------|------------|-------|
| Tgl          | Produksi | Distribusi | Stock | Tgl          | Produksi | Distribusi | Stock | Tgl          | Produksi | Distribusi | Stock | Tgl          | Produksi | Distribusi | Stock |
| 26           | 1387     | 1457       | 705   | 26           | 1417     | 1271       | 1299  | 26           | 960      | 945        | 1131  | 26           | 1573     | 1523       | 1525  |
| 27           | 1443     | 1232       | 916   | 27           | 561      | 833        | 1027  | 27           | 0        | 148        | 983   | 27           | 1121     | 1471       | 1175  |
| 28           | 1616     | 1405       | 1127  | 28           | 0        | 145        | 882   | 28           | 1855     | 2046       | 792   | 28           | 1564     | 1299       | 1440  |
| 29           | 1001     | 1182       | 946   | 29           | 1867     | 1497       | 1252  | 29           | 1688     | 1557       | 923   | 29           | 844      | 1308       | 976   |
| 30           | 1476     | 949        | 1473  | 30           |          |            |       | 30           | 1521     | 1263       | 1181  | 30           | 1152     | 933        | 1195  |
| 31           | 0        | 290        | 1183  | 31           |          |            |       | 31           | 1392     | 1498       | 1075  | 31           |          |            |       |
| <b>TOTAL</b> | 36938    | 36860      | 28776 | <b>TOTAL</b> | 32738    | 32669      | 32528 | <b>TOTAL</b> | 36134    | 36311      | 33050 | <b>TOTAL</b> | 35312    | 35192      | 40732 |

Tabel 5.40 Tingkat Persediaan Produk jadi AMDK Galon PT Y Pada Swalayan I

| Januari |       |        |       | Februari |       |        |       | Maret |       |        |       | April |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|----------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Tgl     | Masuk | Keluar | Stock | Tgl      | Masuk | Keluar | Stock | Tgl   | Masuk | Keluar | Stock | Tgl   | Masuk | Keluar | Stock |
| 1       | 0     | 0      | 44    | 1        | 130   | 52     | 102   | 1     | 99    | 62     | 92    | 1     | 85    | 53     | 101   |
| 2       | 110   | 91     | 63    | 2        | 52    | 115    | 39    | 2     | 62    | 91     | 63    | 2     | 53    | 121    | 33    |
| 3       | 0     | 0      | 63    | 3        | 115   | 112    | 42    | 3     | 91    | 81     | 73    | 3     | 0     | 0      | 33    |
| 4       | 91    | 107    | 47    | 4        | 112   | 23     | 131   | 4     | 81    | 25     | 129   | 4     | 121   | 113    | 41    |
| 5       | 107   | 111    | 43    | 5        | 23    | 154    | 0     | 5     | 25    | 132    | 22    | 5     | 113   | 112    | 42    |
| 6       | 111   | 113    | 41    | 6        | 154   | 56     | 98    | 6     | 0     | 0      | 22    | 6     | 112   | 38     | 116   |
| 7       | 113   | 76     | 78    | 7        | 0     | 0      | 98    | 7     | 132   | 72     | 82    | 7     | 38    | 78     | 76    |
| 8       | 76    | 64     | 90    | 8        | 0     | 0      | 98    | 8     | 72    | 90     | 64    | 8     | 78    | 101    | 53    |
| 9       | 64    | 117    | 37    | 9        | 56    | 135    | 19    | 9     | 0     | 0      | 64    | 9     | 101   | 88     | 66    |
| 10      | 0     | 0      | 37    | 10       | 135   | 56     | 98    | 10    | 90    | 151    | 3     | 10    | 0     | 0      | 66    |
| 11      | 117   | 126    | 28    | 11       | 56    | 22     | 132   | 11    | 151   | 76     | 78    | 11    | 88    | 98     | 56    |
| 12      | 126   | 133    | 21    | 12       | 22    | 130    | 24    | 12    | 76    | 105    | 49    | 12    | 98    | 60     | 94    |
| 13      | 133   | 77     | 77    | 13       | 130   | 87     | 67    | 13    | 0     | 0      | 49    | 13    | 60    | 108    | 46    |
| 14      | 77    | 75     | 79    | 14       | 0     | 0      | 67    | 14    | 105   | 53     | 101   | 14    | 108   | 67     | 87    |
| 15      | 75    | 54     | 100   | 15       | 87    | 84     | 70    | 15    | 53    | 55     | 99    | 15    | 67    | 59     | 95    |
| 16      | 54    | 84     | 70    | 16       | 84    | 108    | 46    | 16    | 55    | 73     | 81    | 16    | 59    | 119    | 35    |

Tabel 5.39 Tingkat Persediaan Produk jadi AMDK Galon PT Y Pada Swalayan I

| Januari |       |        |       | Februari |       |        |       | Maret |       |        |       | April |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|----------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Tgl     | Masuk | Keluar | Stock | Tgl      | Masuk | Keluar | Stock | Tgl   | Masuk | Keluar | Stock | Tgl   | Masuk | Keluar | Stock |
| 17      | 0     | 0      | 70    | 17       | 108   | 49     | 105   | 17    | 73    | 121    | 33    | 17    | 0     | 0      | 35    |
| 18      | 84    | 117    | 37    | 18       | 49    | 79     | 75    | 18    | 121   | 87     | 67    | 18    | 119   | 92     | 62    |
| 19      | 117   | 73     | 81    | 19       | 79    | 141    | 13    | 19    | 87    | 96     | 58    | 19    | 92    | 56     | 98    |
| 20      | 73    | 135    | 19    | 20       | 141   | 58     | 96    | 20    | 0     | 0      | 58    | 20    | 56    | 30     | 124   |
| 21      | 135   | 61     | 93    | 21       | 0     | 0      | 96    | 21    | 96    | 112    | 42    | 21    | 30    | 126    | 28    |
| 22      | 61    | 50     | 104   | 22       | 58    | 46     | 108   | 22    | 112   | 100    | 54    | 22    | 126   | 51     | 103   |
| 23      | 50    | 100    | 54    | 23       | 46    | 105    | 49    | 23    | 100   | 46     | 108   | 23    | 51    | 98     | 56    |
| 24      | 0     | 0      | 54    | 24       | 105   | 79     | 75    | 24    | 46    | 100    | 54    | 24    | 0     | 0      | 56    |
| 25      | 100   | 86     | 68    | 25       | 79    | 55     | 99    | 25    | 0     | 0      | 54    | 25    | 98    | 117    | 37    |
| 26      | 86    | 109    | 45    | 26       | 55    | 63     | 91    | 26    | 100   | 136    | 18    | 26    | 117   | 114    | 40    |
| 27      | 109   | 91     | 63    | 27       | 63    | 141    | 13    | 27    | 0     | 0      | 18    | 27    | 114   | 54     | 100   |
| 28      | 91    | 45     | 109   | 28       | 0     | 0      | 13    | 28    | 136   | 105    | 49    | 28    | 54    | 66     | 88    |
| 29      | 45    | 69     | 85    | 29       | 141   | 99     | 55    | 29    | 105   | 50     | 104   | 29    | 66    | 82     | 72    |
| 30      | 69    | 130    | 24    | 30       | -     | -      | -     | 30    | 50    | 91     | 63    | 30    | 82    | 91     | 63    |
| 31      | -     | -      | -     | 31       | -     | -      | -     | 31    | 91    | 85     | 69    | 31    | -     | -      | -     |
| Total   | 2274  | 2294   | 1824  | Total    | 2080  | 2049   | 2019  | Total | 2209  | 2195   | 1920  | Total | 2186  | 2192   | 2002  |

#### 5.4.3.3 Kualitas Tahap Distribusi PT Y

Kualitas pada tahap distribusi dari gudang PT Y menuju konsumen dapat diidentifikasi dari jumlah produk cacat yang didapatkan ketika proses pengiriman. Pada proses pengiriman didapatkan bahwa selama Tahun 2016 terdapat produk cacat akibat pengiriman sebanyak 0.35 %. Cacat produk akibat pengiriman diakibatkan oleh produk bocor karena tidak teridentifikasi pada proses produksi, produk pecah ketika proses penurunan dari truk. Hasil kualitas produk cacat pada proses pengiriman pada Bulan Januari 2016 hingga Desember 2016 didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 5.41 Kualitas Tahap Distribusi PT Y

| Bulan        | Jumlah Distribusi | Cacat kirim | Persentase   |
|--------------|-------------------|-------------|--------------|
| Januari      | 36860             | 174         | 0.47%        |
| Februari     | 32669             | 174         | 0.53%        |
| Maret        | 36313             | 211         | 0.58%        |
| April        | 35192             | 76          | 0.22%        |
| Mei          | 35587             | 116         | 0.33%        |
| Juni         | 24053             | 124         | 0.52%        |
| Juli         | 27110             | 74          | 0.27%        |
| Agustus      | 39097             | 141         | 0.36%        |
| September    | 36015             | 104         | 0.29%        |
| Oktober      | 34748             | 54          | 0.16%        |
| November     | 34910             | 90          | 0.26%        |
| Desember     | 31293             | 63          | 0.20%        |
| <b>Total</b> | <b>403847</b>     | <b>1401</b> | <b>0.35%</b> |

#### 5.4.3.4 Konsumsi Material dan Air Tahap Distribusi PT Y

Pada proses distribusi kepada retailer dan konsumen tidak terdapat konsumsi material dan air.

#### 5.4.3.5 Konsumsi Energi Tahap Distribusi PT Y

Pada proses distribusi I, PT Y melakukan proses distribusi dengan menggunakan beberapa jenis kendaraan yang dimiliki yaitu:

1. Truck Box sebanyak 2 unit dengan bahan bakar solar
2. Pick up sebanyak 3 unit dengan bahan bakar solar
3. Pick Up Grand max sebanyak 1 unit dengan bahan bakar premium
4. Motor Viar sebanyak 2 unit dengan bahan bakar premium
5. Sepeda motor sebanyak 2 unit dengan bahan bakar premium

Kebutuhan bahan bakar selama proses distribusi pada Bulan Januari Hingga Desember 2016 adalah sebagai berikut:

Tabel 5.42 Konsumsi Energi (Bahan Bakar) Distribusi PT Y

| <b>Bulan</b> | <b>Solar (L)</b> | <b>Premium (L)</b> | <b>Total (L)</b> | <b>Produk Galon (unit)</b> | <b>Kebutuhan BB/produk</b> |
|--------------|------------------|--------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|
| Januari      | 875              | 155                | 1030             | 36860                      | 0.028                      |
| Februari     | 900              | 199                | 1099             | 32669                      | 0.034                      |
| Maret        | 880              | 184                | 1064             | 36313                      | 0.029                      |
| April        | 1000             | 199                | 1199             | 35192                      | 0.034                      |
| Mei          | 1005             | 286                | 1291             | 35587                      | 0.036                      |
| Juni         | 930              | 221                | 1151             | 24053                      | 0.048                      |
| Juli         | 755              | 172                | 927              | 27110                      | 0.034                      |
| Agustus      | 1170             | 280                | 1450             | 39097                      | 0.037                      |
| September    | 1280             | 230                | 1510             | 36015                      | 0.042                      |
| Oktober      | 1180             | 251                | 1431             | 34748                      | 0.041                      |
| November     | 1275             | 280                | 1555             | 34910                      | 0.045                      |
| Desember     | 1190             | 245                | 1435             | 31293                      | 0.046                      |
| <b>Total</b> | <b>12440</b>     | <b>2702</b>        | <b>15142</b>     | <b>403847</b>              | <b>-</b>                   |

Dari Tabel 5.42 Dapat diketahui bahwa setiap unit produk membutuhkan bahan bakar antara 0.028 L/galon hingga 0.048 L/galon, atau rata-rata 0.38 L / produk. Kebutuhan bahan bakar setiap bulan tidak sama hal ini disebabkan oleh adanya banyak faktor seperti jalan yang kurang lancar, jalan menanjak, lokasi yang berbeda, dan sebagainya. Pada swalayan PT Y tidak terdapat konsumsi energi, hal ini disebabkan oleh konsumen membeli langsung pada swalayan tanpa melalui proses pengiriman. Pada umumnya konsumen yang membeli AMDK galon PT Y merupakan warga sekitar sehingga jumlah energi dianggap 0.



#### 5.4.3.6 Emisi Tahap Distribusi PT Y

Emisi yang dihasilkan dari tahap manufaktur adalah emisi yang dihasilkan akibat penggunaan bahan bakar truk dan mobil pada proses pengiriman produk jadi kepada konsumen. Dari Tabel 5.42 Dapat diketahui bahwa jumlah bahan bakar solar yang dibeli dalam 1 tahun adalah 12440 L atau 0.03 L setiap pengiriman 1 unit produk dan bahan bakar premium 2702 L atau 0.0067 L setiap pengiriman 1 unit produk. Maka jumlah emisi yang dihasilkan dari pembakaran 12440 L solar dan 2702 L premium adalah (metode pengukuran tier 1):

3) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk solar adalah  $36 \times 10^{-6}$  TJ/lite

nilai kalor untuk premium adalah  $33 \times 10^{-6}$  TJ/liter (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

konsumsi energi (TJ) = Konsumsi energi (sat. fisik) x nilai kalor ( $\frac{TJ}{sat. fisik}$ )

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi solar (tahunan)} &= 12440 \text{ L} \times 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 447840 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi solar (per unit produk)} &= 0.03 \times 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 1.08 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi premium (tahunan)} &= 2702 \text{ L} \times 33 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 89166 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi premium (per unit produk)} &= 0.0067 \times 33 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 0.221 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

4) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar solar adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 74100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 3.9 \text{ kg CH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 3.9 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{TJ}$

Sedangkan faktor emisi untuk bahan bakar premium adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 69300 \text{ KgCO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 33 \text{ KgCH}_4/\text{TJ}$

- $N_2O = 3.2 \text{ Kg}N_2O / TJ$

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

Dimana a adalah jenis bahan bakar (premium, solar)

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ solar (tahunan)} &= 447840 \times 10^{-6} TJ \times 74100 \\ &= 33184.94 \text{ Kg CO}_2 \end{aligned}$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ solar (tahunan)} = 447840 \times 10^{-6} TJ \times 3.9 = 1.75 \text{ Kg CH}_4$$

$$\text{Emisi N}_2O \text{ solar (tahunan)} = 447840 \times 10^{-6} TJ \times 3.9 = 1.75 \text{ Kg N}_2O$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ solar (per unit produk)} &= 1.08 \times 10^{-6} TJ \times 74100 \\ &= 0.08 \text{ Kg CO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 \text{ solar (per unit produk)} &= 1.08 \times 10^{-6} TJ \times 3.9 \\ &= 4.2 \times 10^{-6} \text{ Kg CH}_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2O \text{ solar (per unit produk)} &= 1.08 \times 10^{-6} TJ \times 3.9 \\ &= 4.2 \times 10^{-6} \text{ Kg N}_2O \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ premium (tahunan)} &= 89166 \times 10^{-6} TJ \times 69300 \\ &= 6179.2 \text{ Kg CO}_2 \end{aligned}$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ premium (tahunan)} = 89166 \times 10^{-6} TJ \times 33 = 2.94 \text{ Kg CH}_4$$

$$\text{Emisi N}_2O \text{ premium (tahunan)} = 89166 \times 10^{-6} TJ \times 3.2 = 0.285 \text{ Kg N}_2O$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ premium (per unit produk)} &= 0.221 \times 10^{-6} TJ \times 69300 \\ &= 0.015 \text{ Kg CO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CH}_4 \text{ premium (per unit produk)} &= 0.221 \times 10^{-6} TJ \times 33 \\ &= 7.3 \times 10^{-6} \text{ Kg CH}_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi N}_2O \text{ premium (per unit produk)} &= 0.221 \times 10^{-6} TJ \times 3.2 \\ &= 0.7 \times 10^{-6} \text{ kg N}_2O \end{aligned}$$

#### 5.4.3.7 Tanah Tahap Distribusi PT Y

Penggunaan lahan pada perusahaan PT Y untuk proses penyimpanan produk adalah sebesar 348,5 m<sup>2</sup>. Sedangkan pada swalayan PT Y lahan yang dibutuhkan oleh pihak swalayan PT Y untuk menjual produk AMDK galon adalah 6.3 m<sup>2</sup>.

Tabel 5.43 Penggunaan Lahan PT Y

| Area             |                       | Luas (m <sup>2</sup> ) | Total (m <sup>2</sup> ) |
|------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| Gudang jadi PT Y | Gudang Barang jadi    | 204                    | 348.5                   |
|                  | Ruang stok galon jadi | 144.5                  |                         |
| Swalayan PY T    | Luas Area Galon       | 6.3                    | 843.5                   |
|                  | Luas Area Swalayan    | 837.2                  |                         |

#### 5.4.3.8 Pengelolaan Limbah Tahap Distribusi PT Y

Limbah yang dihasilkan oleh proses distribusi adalah emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan akibat proses pengiriman. Selain itu limbah yang dihasilkan adalah limbah akibat produk cacat selama proses pengiriman. Produk cacat akibat proses pengiriman akan berdampak pada adanya limbah pada air, seal, dan tutup galon. Berikut ini merupakan jumlah limbah yang dihasilkan akibat produk cacat pada proses pengiriman selama Bulan Januari 2016 hingga Desember 2016.

Tabel 5.44 Data Limbah Tahap Distribusi PT Y

| Bulan            | Jumlah Distribusi | Cacat kirim   | Limbah Cair               | Limbah Padat                    |                                  |
|------------------|-------------------|---------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
|                  |                   |               | Total Air (19 liter/unit) | Total Tutup Galon (5 gram/unit) | Total seal galon (0.01gram/unit) |
| Januari          | 36860             | 174           | 3306                      | 870                             | 1.74                             |
| Februari         | 32669             | 174           | 3306                      | 870                             | 1.74                             |
| Maret            | 36313             | 211           | 4009                      | 1055                            | 2.11                             |
| April            | 35192             | 76            | 1444                      | 380                             | 0.76                             |
| Mei              | 35587             | 116           | 2204                      | 580                             | 1.16                             |
| Juni             | 24053             | 124           | 2356                      | 620                             | 1.24                             |
| Juli             | 27110             | 74            | 1406                      | 370                             | 0.74                             |
| Agustus          | 39097             | 141           | 2679                      | 705                             | 1.41                             |
| September        | 36015             | 104           | 1976                      | 520                             | 1.04                             |
| Oktober          | 34748             | 54            | 1026                      | 270                             | 0.54                             |
| November         | 34910             | 90            | 1710                      | 450                             | 0.9                              |
| Desember         | 31293             | 63            | 1197                      | 315                             | 0.63                             |
| <b>Total</b>     | <b>403847</b>     | <b>1401</b>   | <b>26619</b>              | <b>7005</b>                     | <b>14.01</b>                     |
| <b>Rata-rata</b> | <b>33653.92</b>   | <b>116.75</b> | <b>2218.25</b>            | <b>583.75</b>                   | <b>1.17</b>                      |

Dari Tabel 5.44 dapat diketahui bahwa limbah yang dihasilkan adalah 2218.25 liter air dan 584.92 gram bahan penolong (tutup galon dan seal) setiap bulannya. Limbah ini tidak dikelola oleh pihak perusahaan sehingga limbah yang dihasilkan langsung dibuang pada tempat pembuangan sampah.

#### 5.4.3.9 Sosial Tahap Tahap Distribusi PT Y

Jumlah tenaga kerja yang dialokasikan pada gudang dan bertugas untuk mengirimkan produk kepada retailer, konsumen (instansi), dan swalayan sejumlah 9 orang. Berikut ini merupakan perhitungan kepuasan, kesehatan, keselamatan, dan pengembangan diri pekerja pada tahap distribusi

##### 1. Kepuasan

Tabel 5.45 Kepuasan Pekerja Tahap Distribusi

| Keterangan    | Jumlah | Persentase |
|---------------|--------|------------|
| Jml Pegawai   | 9      | 100 %      |
| Keluar        | 0      |            |
| Total pegawai | 0      |            |

Kepuasan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kepuasan pekerja} &= \left( \frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( \frac{9}{9} \right) \times 100 \% \\
 &= 100 \%
 \end{aligned}$$

##### 2. Kesehatan

Tabel 5.46 Kesehatan Kerja Tahap Distribusi

| Bulan     | Jumlah Hari Kerja | Jumlah Hari Ijin Sakit |
|-----------|-------------------|------------------------|
| Januari   | 25                | 0                      |
| Februari  | 24                | 0                      |
| Maret     | 25                | 0                      |
| April     | 26                | 1                      |
| Mei       | 24                | 0                      |
| Juni      | 26                | 0                      |
| Juli      | 21                | 0                      |
| Agustus   | 26                | 0                      |
| September | 25                | 0                      |
| Oktober   | 26                | 0                      |
| November  | 25                | 0                      |
| Desember  | 25                | 0                      |
| Total     | 298               | 1                      |

$$\begin{aligned}
 \text{Kesehatan pekerja} &= \left( 1 - \frac{\text{jumlah hari pegawai izin sakit}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( 1 - \frac{1}{9 \times 298} \right) \times 100 \% \\
 &= 99,96 \%
 \end{aligned}$$

### 3. Keselamatan

Tabel 5.47 Keselamatan Pekerja Tahap Distribusi

| Bulan     | Jumlah Hari Kerja | Jumlah Hari Ijin Sakit |
|-----------|-------------------|------------------------|
| Januari   | 25                | 0                      |
| Februari  | 24                | 0                      |
| Maret     | 25                | 0                      |
| April     | 26                | 0                      |
| Mei       | 24                | 0                      |
| Juni      | 26                | 0                      |
| Juli      | 21                | 0                      |
| Agustus   | 26                | 0                      |
| September | 25                | 0                      |
| Oktober   | 26                | 0                      |
| November  | 25                | 0                      |
| Desember  | 25                | 0                      |
| Total     | 298               | 0                      |

Keselamatan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Keselamatan pekerja} &= \left(1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(1 - \frac{0}{9 \times 298}\right) \times 100 \% \\
 &= 100 \%
 \end{aligned}$$

### 4. Pengembangan Diri

Tabel 5.48 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Distribusi

| Keterangan           | Jumlah | Efisiensi |
|----------------------|--------|-----------|
| Jml Pegawai Training | 0      | 100 %     |
| Total pegawai        | 9      |           |

Pengembangan diri pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase pengembangan diri} &= \left(\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{Total pegawai}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(\frac{0}{9}\right) \times 100 \% \\
 &= 0 \%
 \end{aligned}$$

Pada swalayan PT Y pengukuran aspek sosial tidak dilakukan karena pengukuran pada tahap ini tidak mempresentasikan aspek sosial pada swalayan PT Y. Swalayan PT Y tidak hanya menjual AMDK PT Y namun menjual produk kebutuhan warga sehari-hari pula.

#### 5.4.4 TAHAP KONSUMSI PT Y

Pada tahap konsumsi, konsumen mengkonsumsi air AMDK Galon PT Y dalam kemasan galon untuk memenuhi kebutuhan konsumen sehari-hari. Data yang dibutuhkan untuk menginterpretasi indikator didapatkan dari penyebaran kuesioner kepada konsumen.

##### 5.4.4.1 Waktu Lama konsumsi Konsumen PT Y

Waktu hidup produk AMDK Galon PT Y adalah satu tahun. Dari hasil kuesioner yang disebarkan didapatkan lama waktu konsumsi AMDK PT Y sebagai berikut:

Tabel 5.49 Jumlah Konsumsi Konsumen dalam Satu Bulan

| Jumlah Galon Konsumsi | Frekuensi | Persentase (%) |
|-----------------------|-----------|----------------|
| 1 galon               | 0         | 0              |
| 2 galon               | 3         | 15 %           |
| 3 galon               | 12        | 60 %           |
| 4 galon               | 5         | 25 %           |
| 5 galon               | 0         | 0              |
| > 6 galon             | 0         | 0              |
| Total                 | 20        | 100%           |

Dari hasil Tabel 5.49 dapat diketahui bahwa lama waktu konsumsi konsumen beragam namun 60 % konsumen mengkonsumsi 3 galon selama satu bulan. Sehingga rata-rata waktu lama konsumsi konsumen adalah 10 hari. Waktu lama konsumsi oleh konsumen tidak melebihi waktu hidup produk.

##### 5.4.4.2 Kualitas Tahap Konsumsi PT Y

Selang satu tahun jumlah keluhan konsumen terhadap kualitas produk AMDK galon PT Y sebanyak 9 pelanggan. Berikut ini merupakan sebab konsumen melakukan keluhan

Tabel 5.50 Jumlah Keluhan AMDK Galon PT Y

| Bulan     | Produk Terdistribusi | Jumlah Keluhan | Alasan              |
|-----------|----------------------|----------------|---------------------|
| Januari   | 36860                | 2              | Bebau               |
| Februari  | 32669                | 2              | Berbau dan berlumut |
| Maret     | 36313                | 1              | Berlumut            |
| April     | 35192                | 1              | Berbau              |
| Mei       | 35587                | -              | -                   |
| Juni      | 24053                | -              | -                   |
| Juli      | 27110                | 1              | Berbau              |
| Agustus   | 39097                | -              | -                   |
| September | 36015                | 1              | Berbau              |
| Oktober   | 34748                | -              | -                   |
| November  | 34910                | -              | -                   |
| Desember  | 31293                | -              | -                   |
| Total     | <b>403847</b>        | 9              | -                   |

Dari Tabel 5.50 dapat diketahui jumlah keluhan produk terhadap produk yang terdistribusi relative kecil yaitu 99.998 % sehingga kualitas produk AMDK PT Y dianggap baik.

#### 5.4.4.3 Konsumsi Material Tahap Konsumsi PT Y

Pada tahap konsumsi tidak terdapat konsumsi material oleh konsumen.

#### 5.4.4.4 Konsumsi Air Tahap Konsumsi PT Y

Pada tahap konsumsi, AMDK kemasan galon akan dikonsumsi oleh konsumen untuk memenuhi kebutuhannya. Tabel 4.19 merupakan hasil penyebaran kusionre mengenai fungsi AMDK Galon PT X dalam memenuhi kebutuhan sehari-harinya.

Tabel 5.51 Fungsi AMDK Galon PT Y

| Fungsi                    | Frekuensi | Persentase (%) |
|---------------------------|-----------|----------------|
| Air minum                 | 20        | 100%           |
| Memasak                   | -         |                |
| Mencuci                   | -         |                |
| Air minum dan memasak     | -         |                |
| Air minum, masak, mencuci | -         |                |
| Lainnya                   | -         |                |
| Total                     | 20        | 100%           |

Dari hasil kuesioner didapatkan bahwa 100% konsumen menggunakan AMDK kemasan galon untuk kebutuhan air minum. Jumlah konsumsi yang dilakukan pada tahap konsumsi sesuai dengan jumlah galon yang dikonsumsi oleh konsumen. Hasil konsumsi air pada tahap konsumsi dapat dilihat pada Tabel 5.52

Tabel 5.52 Jumlah Konsumsi Air AMDK Galon PT X oleh Konsumen

| Bulan        | Jumlah Distribusi<br>Kualitas Baik<br>(unit galon) | Kapasitas Air<br>1 galon (liter) | Jumlah<br>konsumsi (liter) |
|--------------|--|----------------------------------|----------------------------|
| Januari      | 36686  | 19                               | 697034                     |
| Februari     | 32495  | 19                               | 617405                     |
| Maret        | 36102  | 19                               | 685938                     |
| April        | 35116  | 19                               | 667204                     |
| Mei          | 35471  | 19                               | 673949                     |
| Juni         | 23929  | 19                               | 454651                     |
| Juli         | 27036  | 19                               | 513684                     |
| Agustus      | 38956  | 19                               | 740164                     |
| September    | 35911  | 19                               | 682309                     |
| Oktober      | 34694  | 19                               | 659186                     |
| November     | 34820  | 19                               | 661580                     |
| Desember     | 31230  | 19                               | 593370                     |
| <b>Total</b> | 402446   | -                                | 7646474                    |

#### 5.4.4.5 Konsumsi Energi Tahap Konsumsi PT Y

Dari hasil penyebaran kuesioner didapatkan bahwa seluruh responden menggunakan AMDK Galon PT Y untuk memenuhi kebutuhan air minum sehari-hari dengan tanpa memanaskan atau mendinginkan air terlebih dahulu.

#### 5.4.4.6 Emisi Tahap Konsumsi PT Y

Pada tahap konsumsi tidak ada emisi yang dihasilkan

#### 5.4.4.7 Tanah Tahap Konsumsi PT Y

AMDK Galon PT Y pada umumnya dapat dikonsumsi dengan bantuan pompa, dispenser, atau tanpa alat bantuan. Area yang dibutuhkan untuk meletakkan satu produk AMDK Galon PT Y dengan bantuan pompa atau tanpa bantuan alat adalah seluas 676 cm<sup>2</sup>. Sedangkan apabila menggunakan dispenser maka membutuhkan luas area 961 cm<sup>2</sup>.



#### 5.4.4.8 Pengelolaan Limbah Tahap Konsumsi PT Y

Pada tahap konsumsi limbah yang dihasilkan dari tahap konsumsi adalah seal, tutup galon, dan tisu. Setiap satu unit produk yang dikonsumsi maka akan menghasilkan limbah sebesar 5.41 gram.

Tabel 5.53 Total Limbah Pada Tahap Konsumsi

| <b>Limbah</b> | <b>Berat</b>            |
|---------------|-------------------------|
| Tutup galon   | 5 gram                  |
| Seal          | 0.01 gram               |
| Tisu          | 0.4 gram                |
| <b>Total</b>  | <b>5.41 gram/ galon</b> |

Rata-rata jumlah produk yang didistribusi PT Y pada bulan Januari hingga Desember 2016 adalah 33654 unit perbulan. Sehingga limbah yang dihasilkan dari tahap konsumsi adalah 182 kg. Limbah yang dihasilkan oleh konsumen langsung dibuang pada tempat pembuangan sampah. Sedangkan untuk limbah padat berupa galon akan dikembalikan pada pabrik manufaktur yaitu PT Y

#### 5.4.4.9 Sosial Tahap Konsumsi PT Y

##### a. Kesehatan Konsumen:

AMDK Galon merupakan produk yang tidak berbahaya, hal ini disebabkan oleh AMDK bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air konsumen. Hal yang sedikit berbahaya bagi konsumen adalah limbah plastik yang dihasilkan dari kemasan galon. Galon pada umumnya menggunakan bahan HDPE (*High Density PolyEthylene*). Bahan ini tahan terhadap suhu tinggi. Namun bahan ini tidak dapat digunakan berkali-kali sehingga perlu diperhatikan dengan baik kondisi galon apakah masih layak atau tidak untuk digunakan. Kekurangan lainnya dari bahan ini adalah sulit terurai dalam tanah. Sehingga manajemen pengolahan limbah pada bahan ini sangat dianjurkan.

**b. Kepuasan konsumen:**

PT Y tidak memiliki target atau kegiatan CSR. Hal ini disebabkan oleh PT Y merupakan anak perusahaan dari PT P. Sehingga kegiatan CSR dilakukan oleh PT P.

**c. Pengembangan Diri : Knowledge management**

PT Y memiliki bagian pemasaran yang berfungsi selain memudahkan konsumen mendapatkan produk namun juga mengenalkan keunggulan dan pengetahuan produk AMDK Galon kepada konsumen.

#### **5.4.5 TAHAP *End Of Life* PT Y**

Kemasan galon yang ada pada konsumen merupakan milik konsumen hal ini disebabkan oleh pada awal pembelian konsumen harus membeli galon beserta isinya terlebih dahulu. Sehingga setelah mengkonsumsi produk AMDK galon konsumen memiliki pilihan untuk membeli ulang produk tersebut dengan menukarkan galon, membeli produk lain dengan menukarkan galon, atau membuang galon.

Apabila konsumen memutuskan untuk membeli ulang produk AMDK kemasan galon, maka konsumen akan membeli dan menukarkan galon kosong kepada retail atau perusahaan untuk mendapat produk baru. Ketika pilihan ini dipilih oleh konsumen maka kemasan galon dapat digunakan kembali (*reuse*) oleh perusahaan.

Apabila konsumen memilih untuk membeli produk lain maka konsumen akan membeli dan menukarkan galonnya pada retail atau perusahaan lain. Apabila hal ini terjadi maka galon tidak dapat di gunakan kembali (*reuse*) sehingga akan dijual kepada pihak kedua oleh perusahaan tersebut untuk dibuang atau diolah menjadi produk lain. Apabila hal ini dilakukan maka terdapat dampak negatif terhadap lingkungan. Apabila konsumen memilih untuk membuang galon maka dampak akan terjadi sama seperti apabila konsumen membeli produk dengan merek lain.

Tabel 5.54 Jumlah Galon *Reuse* pada Tahap *End of Life*

| Bulan        | Jumlah produksi | Baru | <i>Joint product</i> | Rusak | <i>Reuse</i> | Persentase Galon <i>reuse</i> |
|--------------|-----------------|------|----------------------|-------|--------------|-------------------------------|
| Januari      | 37434           | 1000 | 0                    | 670   | 36434        | 97.3                          |
| Februari     | 33517           | 0    | 2000                 | 743   | 31517        | 94.0                          |
| Maret        | 36954           | 0    | 0                    | 1029  | 36954        | 100.0                         |
| April        | 36124           | 0    | 500                  | 888   | 35624        | 98.6                          |
| Mei          | 36243           | 0    | 1000                 | 769   | 35243        | 97.2                          |
| Juni         | 24143           | 0    | 1000                 | 590   | 23143        | 95.9                          |
| Juli         | 27847           | 0    | 0                    | 607   | 27847        | 100.0                         |
| Agustus      | 40031           | 0    | 1000                 | 831   | 39031        | 97.5                          |
| September    | 36891           | 0    | 1500                 | 714   | 35391        | 95.9                          |
| Oktober      | 34992           | 0    | 1000                 | 773   | 33992        | 97.1                          |
| November     | 35805           | 0    | 1500                 | 868   | 34305        | 95.8                          |
| Desember     | 31850           | 0    | 1500                 | 765   | 30350        | 95.3                          |
| <b>Total</b> | 411831          | 1000 | 9500                 | 9247  | 399831       | 97.1                          |

Sumber: Data Sekunder

Dari Tabel 5.54 dapat diketahui bahwa 97.1% galon yang digunakan adalah galon *reuse*. Sehingga rata-rata limbah yang dihasilkan adalah 24.99 ton galon bekas. Keseluruhan galon ini akan digunakan kembali, sedangkan yang cacat akan dikirim kepada supplier galon untuk diolah kembali menjadi galon *joint* produk. Hal tersebut dapat menggambarkan bahwa keseluruhan limbah galon (100 %) telah dikelola dengan baik oleh PT Y karena tidak ada limbah galon yang dibuang pada tanah oleh PT Y. Dengan menggunakan kemasan galon ulang, produk AMDK dapat menghemat konsumsi material plastik sebanyak 750 gram/unit. Apabila rata-rata galon dapat digunakan ulang sebanyak 20 kali maka AMDK galon dapat menghemat penggunaan material sebanyak 13000 gram material plastik terbuang pada tanah.

Limbah plastik merupakan limbah yang dapat memberikan dampak negative pada lingkungan dan kesehatan manusia karena limbah plastic sulit untuk diuraikan dalam tanah. Limbah plastik membutuhkan waktu 100 tahun untuk dapat terurai dalam tanah. Hal ini mengartikan bahwa dengan penggunaan kembali galon kosong dapat mengurangi limbah plastik pada tanah. Oleh sebab itu kemasan galon pada penggunaannya perlu diperhatikan secara baik untuk menjaga kualitas galon tersebut, sehingga galon dapat digunakan dalam jangka panjang.

Penggunaan kemasan ulang galon ini tidak membutuhkan proses tambahan sebelum digunakan. Kemasan galon hanya akan melalui proses sterilisasi kemasan pada umumnya seperti proses sterilisasi galon.

## 5.5 *Process Activity Mapping* dan Pengukuran Efisiensi PT Y

Proses ini merupakan proses pemetaan aktivitas untuk mengetahui secara rinci berbagai kegiatan yang ada untuk diklasifikasikan ke dalam aktivitas bernilai tambah (*value added*), aktivitas tidak bernilai tambah (*non value added*), dan aktivitas tidak bernilai tambah namun dibutuhkan (*necessary but non value added*). Berikut ini merupakan *Process Activity Mapping* dan pengukuran efisiensi pada seluruh tahapan siklus produk.

### 5.5.1 *Process Activity Mapping* dan Pengukuran Efisiensi Tahap Pra Manufaktur PT Y

Penggolongan aktivitas pada tahap pra manufaktur dapat dilihat pada Tabel 5.55

Tabel 5.55 Penggolongan aktivitas pada Tahap Pra Manufaktur

| No                    | Aktivitas                                    | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |            |            |
|-----------------------|--|-----------|---|---|---|---|-----------------|------------|------------|
|                       |  | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA       | NVA        |
| 1.                    | Pembelian Bahan Baku Air                     |           | V |   |   |   |                 |            | V          |
| 2.                    | Inspeksi bahan baku dan material yang datang |           |   | V |   |   |                 | V          |            |
| 3.                    | Pengiriman dan penataan material             | V         | V |   |   |   | V               |            |            |
| 4.                    | Penyimpanan bahan baku penolong              |           |   |   | V |   |                 |            | V          |
| 5.                    | Pengisian tandon bahan baku                  | V         |   |   |   |   | V               |            |            |
| <b>TOTAL</b>          |  |           |   |   |   |   | <b>2</b>        | <b>1</b>   | <b>2</b>   |
| <b>Persentase (%)</b> |  |           |   |   |   |   | <b>40 %</b>     | <b>20%</b> | <b>40%</b> |

Dari Tabel 5.55 Dapat diketahui bahwa pada tahap pra manufaktur terdapat 40% aktivitas memberi nilai tambah (VA),20% aktivitas penting namun tidak memberi nilai tambah (NNVA), dan 40% aktivitas tidak memberi nilai tambah pada produk (NVA). Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap pra manufaktur dapat dilihat pada Tabel 5.56

Tabel 5.56 Pengukuran Efisiensi pada Tahap *Pre-manufacturing* PT Y

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi  | Perhitungan                              | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|--|--|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | $1 - \frac{\text{LT rencana} - \text{LT aktual}}{\text{LT rencana}}$   | = ketepatan pengiriman                   | 52 %                |
|            | Biaya              | $\text{Value added cost} / \text{Total cost}$  |  |                     |
|            | Tingkat Inventory  | $\frac{\text{Jumlah pembelian} - \text{kerusakan selama penyimpanan}}{\text{Total pembelian}}$               | $= \frac{12368000 - 24}{12368000}$       | 99.8 %              |
|            | Kualitas           | $1 - \frac{\text{Jumlah material yang rusak saat receiving}}{\text{Total pembelian}}$                        | $= 1 - \frac{0}{2429360}$                | 100 %               |
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Jumlah konsumsi material value added}}{\text{Total material}}$                                  | -  | -                   |
|            | Energi             | $\frac{\text{Jumlah konsumsi energi value added}}{\text{Total energi}}$                                      | $= \frac{0}{29.63}$                      | 0 %                 |
|            | Air                | $\frac{\text{Jumlah konsumsi air value added}}{\text{Total air}}$  | -  | -                   |
|            | Tanah              | $1 - \frac{\text{Total tanah} - \text{used Value added} - \text{green land}}{\text{Total tanah}}$            | $= 1 - \frac{2391.9 - 140 - 36}{2391.9}$ | 7.3 %               |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Jumlah emisi value added}}{\text{Total emisi}}$   | $= \frac{0}{79.1408}$                    | 0 %                 |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{\text{limbah yang diolah}}{\text{Total limbah}}$  | $= \frac{0}{80400}$                      | 0 %                 |
| Sosial     | Kepuasan           | $\frac{\text{jumlah pegawai gudang saat ini}}{\text{total pegawai gudang}}$                                  | $= \frac{9}{9}$                          | 100 %               |
|            | Keselamatan        | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai gudang kecelakaan}}{\text{total pegawai gudang} - \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{0}{9 \times 298}$           | 100 %               |
|            | Kesehatan          | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai gudang izin sakit}}{\text{total pegawai gudang} - \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{12}{9 \times 298}$          | 98.9 %              |
|            | Pengembangan Diri  | $\frac{\text{jumlah pegawai gudang training}}{\text{total pegawai gudang}}$                                  | $= \frac{0}{9}$                          | 0 %                 |

### 5.5.2 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap Manufaktur PT Y

Penggolongan aktivitas pada tahap manufaktur dapat dilihat pada Tabel 5.57

Tabel 5.57 Penggolongan aktivitas pada Tahap Manufaktur

| No | Aktivitas                   | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |      |     |
|----|-----------------------------|-----------|---|---|---|---|-----------------|------|-----|
|    |                             | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA | NVA |
| 1. | Filtasi sand filter 1 dan 2 | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 2. | Carbon Aktive               | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 3. | Mikro filter                | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 4. | UV                          | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 5. | Inspeksi galon kosong       |           |   | V |   |   |                 | V    |     |
| 6. | Pencucian galon luar        | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 7. | Transfer menuju ruang galon |           | V |   |   |   |                 |      | V   |

Lanjutan Tabel 5.57 Penggolongan aktivitas pada Tahap Manufaktur

| No                  | Aktivitas   | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |              |               |
|---------------------|---|-----------|---|---|---|---|-----------------|--------------|---------------|
|                     |   | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA         | NVA           |
| 8.                  | Penyabunan luar galon   | V         |   |   |   |   | V               |              |               |
| 9.                  | Transfer  |           | V |   |   |   |                 |              | V             |
| 10.                 | Sterilisasi galon (Pembilasan Galon dengan penyemprotan air panas dan dingin) | V         |   |   |   |   | V               |              |               |
| 11.                 | Transfer  |           | V |   |   |   |                 |              | V             |
| 12.                 | UV  | V         |   |   |   |   | V               |              |               |
| 13.                 | Transfer  |           | V |   |   |   |                 |              | V             |
| 14.                 | Filling   | V         |   |   |   |   | V               |              |               |
| 15.                 | Transfer  |           | V |   |   |   |                 |              | V             |
| 16.                 | Penutupan galon dengan tutup galon  | V         |   |   |   |   | V               |              |               |
| 17.                 | Transfer  |           | V |   |   |   |                 |              | V             |
| 18.                 | Pemberian seal galon  | V         |   |   |   |   | V               |              |               |
| 19.                 | Transfer menuju mesin sealing   |           | V |   |   |   |                 |              | V             |
| 20.                 | Heat (sealing)  | V         |   |   |   |   | V               |              |               |
| 21.                 | Transfer  |           | V |   |   |   |                 |              | V             |
| 22.                 | Menunggu 1 pallet (28 galon)  |           |   |   |   | V |                 |              | V             |
| 23.                 | Transfer menuju area produk jadi  |           | V |   |   |   |                 |              | V             |
| <b>TOTAL</b>        |   |           |   |   |   |   | <b>12</b>       | <b>1</b>     | <b>10</b>     |
| <b>Persentase %</b> |   |           |   |   |   |   | <b>52 %</b>     | <b>4.5 %</b> | <b>43.5 %</b> |

Dari Tabel 5.57 Dapat diketahui bahwa pada tahap manufaktur terdapat 52% aktivitas memberi nilai tambah (VA), 4.5% aktivitas penting namun tidak memberi nilai tambah (NNVA), dan 43.5 % aktivitas tidak memberi nilai tambah pada produk (NVA). Sehingga dapat diketahui bahwa aktivitas pada tahap manufaktur didominasi oleh aktivitas VA yaitu proses yang memberikan nilai tambah bagi produk. Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap manufaktur dapat dilihat pada Tabel 5.58

Tabel 5.58 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Manufaktur PT Y

| Dimensi | Indikator         | Efisiensi   | Perhitungan  | Nilai Efisiensi (%)    |
|---------|-------------------|---|--|------------------------|
| Ekonomi | Leadtime          | $\frac{LT \text{ value-added}}{LT \text{ total}}$   | $= \frac{3663.35 \text{ detik}}{3926.31}$  | 93.3 %                 |
|         | Biaya             | $\frac{Value \text{ added cost}}{Total \text{ cost}}$   |  |                        |
|         | Tingkat Inventory | $\frac{Material \text{ masuk - WIP}}{Total \text{ material}}$   | $= \frac{12368000 L - 281500}{12368000 L}$   | 97.7 %                 |
|         | Kualitas          | $\frac{Jumlah \text{ Produk jadi - produk cacat}}{Total \text{ produk}}$<br>$\frac{Jumlah \text{ material - material cacat}}{Total \text{ material}}$ | produk jadi<br>$= \frac{411831 - 8100}{411831}$<br>Material<br>$= \frac{860128 - 36466}{860128}$ | 98.03 %<br><br>95.76 % |

Lanjutan Tabel 5.58 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Manufaktur PT Y

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi  | Perhitungan  | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|--|--|---------------------|
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Jumlah konsumsi material} - \text{limbah}}{\text{Total material}}$                                  | $= \frac{755.42 \text{ kg} - 0}{755.42 \text{ kg}}$  | 100 %               |
|            | Energi             | $\frac{\text{Jumlah konsumsi energi value added}}{\text{Total energi}}$  | $= \frac{0.0337 \text{ kwh}}{0.0373 \text{ kwh}}$    | 90.35 %             |
|            | Air                | $\frac{\text{Jumlah konsumsi air value added}}{\text{Total air}}$  | $= \frac{19 \text{ L}}{20.28 \text{ L}}$             | 93.6 %              |
|            | Tanah              | $1 - \frac{\text{Total tanah} - \text{used value added} - \text{green land}}{\text{total tanah}}$                | $= 1 - \frac{2391.9 - 199.19 - 36}{2391.9}$          | 10 %                |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Jumlah emisi value added}}{\text{Total emisi}}$   | -  | -                   |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{\text{limbah yang diolah}}{\text{Total limbah}}$  | $= \frac{0}{55042.58 \text{ L} + 16821.43 + 593.75}$ | 0 %                 |
| Sosial     | Kepuasan           | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi saat ini}}{\text{total pegawai produksi}}$                                  | $= \frac{17}{21}$                                    | 80.9 %              |
|            | Keselamatan        | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai produksi kecelakaan}}{\text{total pegawai produksi} - \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{14}{17 \times 298}$                     | 99.7 %              |
|            | Kesehatan          | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai produksi izin sakit}}{\text{total pegawai produksi} - \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{0}{17 \times 298}$                      | 100 %               |
|            | Pengembangan Diri  | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi training}}{\text{total pegawai produksi}}$                                  | $= \frac{0}{17}$                                     | 0 %                 |

### 5.5.3 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap Distribusi PT Y

Penggolongan aktivitas pada tahap distribusi dapat dilihat pada Tabel 5.59

Tabel 5.59 Penggolongan aktivitas pada Tahap Distribusi

| No                    | Aktivitas                    | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |           |            |
|-----------------------|------------------------------|-----------|---|---|---|---|-----------------|-----------|------------|
|                       |                              | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA      | NVA        |
| 1.                    | Penyimpanan pada gudang jadi |           |   |   | V |   |                 |           | V          |
| 2.                    | Memindahkan ke truk          | V         |   |   |   |   | V               |           |            |
| 3.                    | Pengiriman ke retailer       |           | V |   |   |   | V               |           |            |
| 4.                    | Penyimpanan pada retailer    |           |   |   | V |   |                 |           | V          |
| 5.                    | Pembelian oleh konsumen      | V         |   |   |   |   | V               |           |            |
| <b>TOTAL</b>          |                              |           |   |   |   |   | <b>3</b>        | <b>0</b>  | <b>2</b>   |
| <b>Persentase (%)</b> |                              |           |   |   |   |   | <b>60%</b>      | <b>0%</b> | <b>40%</b> |

Dari Tabel 5.59 Dapat diketahui bahwa pada tahap distribusi terdapat 60% aktivitas memberi nilai tambah (VA) dan 40% aktivitas tidak memberi nilai

tambah pada produk (NVA). Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap distribusi dapat dilihat pada Tabel 5.60

Tabel 5.60 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Distribusi PT Y

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi   | Perhitungan  | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|---|--|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | $1 - \frac{\text{LT rencana} - \text{LT aktual}}{\text{LT rencana}}$                              | $= 1 - \frac{2 \text{ hari} - 2 \text{ hari}}{2 \text{ hari}}$   | 100 %               |
|            | Biaya              | $\text{Value added cost} / \text{Total cost}$   |  |                     |
|            | Tingkat Persediaan | $\frac{\text{Jumlah produksi} - \text{jumlah tersimpan}}{\text{Total produksi}}$                  | PT Y = $\frac{141122 - 90}{141122}$<br>Swalayan PT Y = $\frac{8749 - 19}{8749}$                          | 99.94 %<br>99.78    |
|            | Kualitas           | $\frac{\text{Jumlah produk terdistribusi} - \text{jumlah produk cacat}}{\text{Total pengiriman}}$ | PT Y = $\frac{403847 - 1401}{403847}$<br>Swalayan PT Y = $\frac{8749 - 0}{8749}$                         | 99.65 %<br>100 %    |
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Jumlah konsumsi material value added}}{\text{Total material}}$                       | -  | -                   |
|            | Energi             | $\frac{\text{Jumlah konsumsi energi value added}}{\text{Total energi}}$                           | $= \frac{0.38}{0.38 \text{ liter}}$  | 100 %               |
|            | Air                | $\frac{\text{Jumlah konsumsi air value added}}{\text{Total air}}$                                 | -  | -                   |
|            | Tanah              | $1 - \frac{\text{Total tanah} - \text{used value added} - \text{green land}}{\text{total tanah}}$ | PT Y = $1 - \frac{2391.9 - 348.5 - 36}{2391.9}$<br>Swalayan PT Y = $1 - \frac{843.5 - 843.5 - 0}{843.5}$ | 17 %<br>100 %       |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Jumlah emisi value added}}{\text{Total emisi}}$                                      | $= \frac{0.015}{0.015}$  | 100 %               |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{\text{Limbah yang dikelola}}{\text{Total material}}$                                       | $= \frac{0}{2218.25 \text{ L} + 584.92 \text{ gr}}$  | 0 %                 |
| Sosial     | Kepuasan           | $\frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}}$                                     | $= \frac{9}{9}$  | 100 %               |
|            | Keselamatan        | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{total pegawai} - \text{jumlah hari kerja}}$    | $= 1 - \frac{0}{9 \times 298}$   | 100 %               |
|            | Kesehatan          | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai izin sakit}}{\text{total pegawai} - \text{jumlah hari kerja}}$    | $= 1 - \frac{0}{9 \times 298}$   | 99.96 %             |
|            | Pengembangan Diri  | $\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{total pegawai}}$                                     | $= \frac{0}{9}$  | 0 %                 |

#### 5.5.4 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap Konsumsi PT Y

Penggolongan aktivitas pada tahap konsumsi dapat dilihat pada Tabel 5.61



Tabel 5.61 Penggolongan aktivitas pada Tahap Konsumsi

| No                    | Aktivitas                     | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |           |           |
|-----------------------|-------------------------------|-----------|---|---|---|---|-----------------|-----------|-----------|
|                       |                               | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA      | NVA       |
| 1.                    | Proses konsumsi oleh konsumen | V         |   |   |   |   | V               |           |           |
| <b>TOTAL</b>          |                               |           |   |   |   |   | <b>1</b>        | <b>1</b>  | <b>0</b>  |
| <b>Persentase (%)</b> |                               |           |   |   |   |   | <b>100%</b>     | <b>0%</b> | <b>0%</b> |

Dari Tabel 5.61 Dapat diketahui bahwa pada tahap konsumsi terdapat 100% aktivitas memberi nilai tambah (VA). Pada tahap konsumsi tidak ada proses yang tidak memberikan nilai tambah. Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap konsumsi dapat dilihat pada Tabel 5.62

Tabel 5.62 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Konsumsi PT Y

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi  | Perhitungan          | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|--|----------------------|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | Umur hidup aktual/umur hidup rencana                                 | 2 tahun / 2 tahun    | 100%                |
|            | Biaya              | (1 – Biaya perawatan/biaya produksi)                                 |                      |                     |
|            | Kualitas           | Tingkat complaint  | $= \frac{9}{403847}$ | 99.99 %             |
|            | Persediaan         | -  | -                    | -                   |
| Lingkungan | Material           | <u>Kebutuhan material aktual</u><br>Kebutuhan material standar       | -                    | -                   |
|            | Energi             | <u>Kebutuhan energi aktual</u><br>Kebutuhan energi standar           | -                    | -                   |
|            | Air                | <u>Kebutuhan air aktual</u><br>Kebutuhan air standar                 | -                    | -                   |
|            | Tanah              | <u>Kebutuhan lahan aktual</u><br>Kebutuhan lahan standar             | $= \frac{676}{676}$  | 100 %               |
|            | Emisi              | <u>Emisi yang dihasilkan</u><br>Emisi standar                        | -                    | -                   |
|            | Pengelolaan Limbah | <u>Limbah yang dikelola</u><br>Total material                        | $= \frac{0}{5.41}$   | 0 %                 |
| Sosial     | Kepuasan           | <u>Jumlah dana CSR yang tersalurkan</u><br>Dana CSR yang ditargetkan | -                    | -                   |
|            | Keselamatan        | -  | -                    | -                   |
|            | Kesehatan          | 1 - <u>eco cost</u><br>Total eco cost                                | -                    | -                   |
|            | Pengembangan Diri  | <u>Jumlah knowledge – sharing konsumen</u><br>Jumlah konsumen        |                      | 100 %               |

### 5.5.5 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap End of Life PT Y

Penggolongan aktivitas pada tahap *end of life* dapat dilihat pada Tabel 5.63

Tabel 5.63 Penggolongan aktivitas pada Tahap *End of Life*

| No                    | Aktivitas   | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |          |          |
|-----------------------|---|-----------|---|---|---|---|-----------------|----------|----------|
|                       |   | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA     | NVA      |
| 1.                    | Penggunaan kembali kemasan Galon yang kembali pada PT X | V         |   |   |   |   | V               |          |          |
| <b>TOTAL</b>          |   |           |   |   |   |   | <b>1</b>        | <b>0</b> | <b>0</b> |
| <b>Persentase (%)</b> |   |           |   |   |   |   | <b>100%</b>     | <b>0</b> | <b>0</b> |

Dari Tabel 5.63 Dapat diketahui bahwa pada tahap konsumsi terdiri dari 100% aktivitas memberi nilai tambah (VA). Hal ini disebabkan merupakan proses penggunaan kembali kemasan yang telah kosong menjadi produk baru. Karena pada tahap *end of life* hanya proses penggunaan kembali maka proses yang dilakukan sama seperti pada tahap manufaktur ketika proses sterilisasi galon. Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap konsumsi dapat dilihat pada Tabel 5.64

Tabel 5.64 Pengukuran Efisiensi pada Tahap *End of Life* PT Y

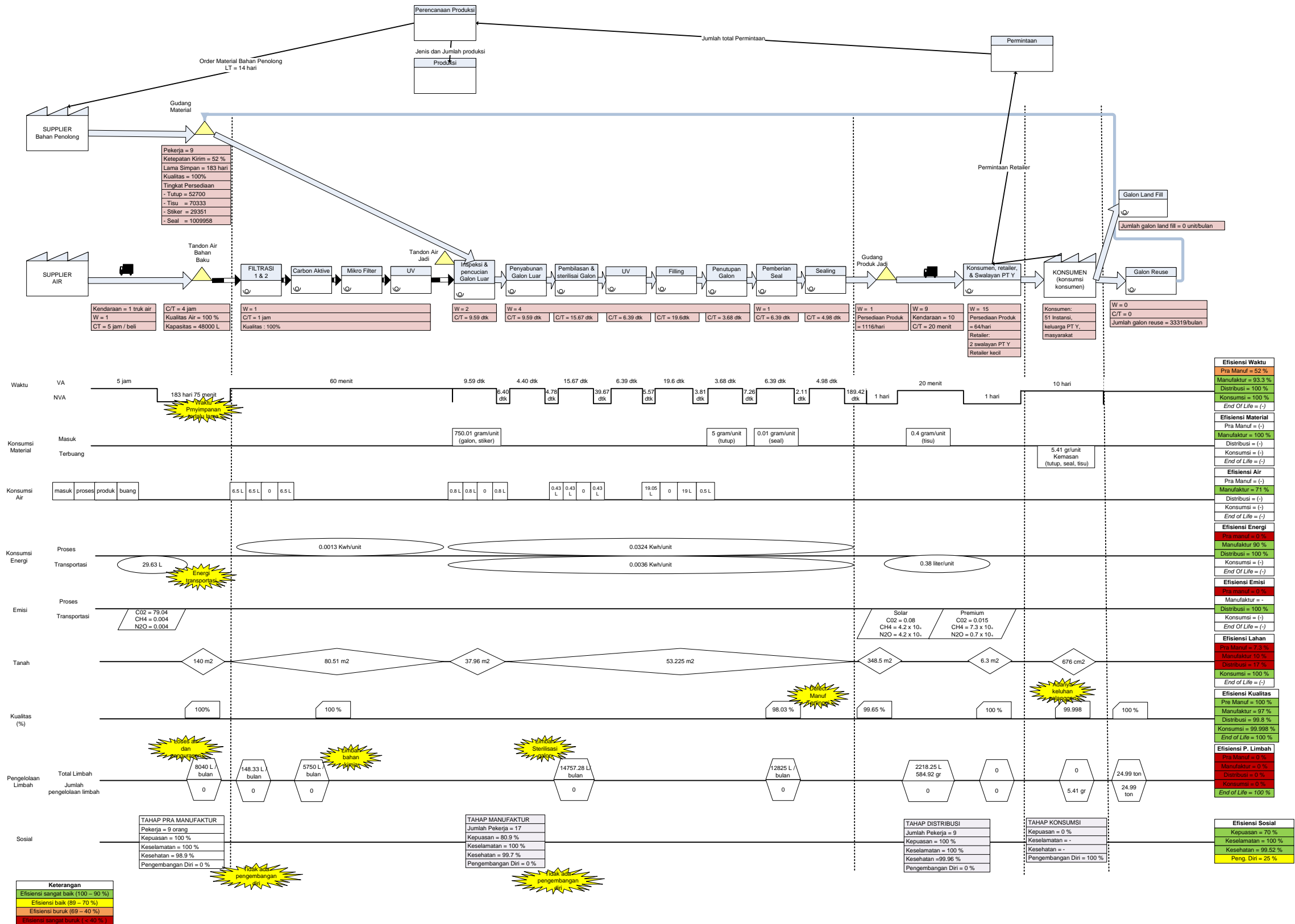
| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi  | Perhitungan                                     | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|--|---|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | Waktu <i>value added</i> /total waktu proses renewable                                 | -   | -                   |
|            | Biaya              | Biaya proses renewable <i>value added</i> /total biaya                                 |   |                     |
|            | Tingkat Persediaan | $\frac{\text{Jumlah produk renewable}}{\text{Total produk pasca pakai}}$               | $= \frac{399831}{409105}$                       | 97.7 %              |
|            | Kualitas           | $\frac{\text{Jumlah produk renewable berkualitas}}{\text{Total produk renewable}}$     | $= \frac{33319}{33319}$                         | 100 %               |
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Kebutuhan material value added proses renewable}}{\text{Total material}}$ | -   | -                   |
|            | Energi             | $\frac{\text{Kebutuhan energi value added proses renewable}}{\text{Total energi}}$     | -   | -                   |
|            | Air                | $\frac{\text{Kebutuhan air value added proses renewable}}{\text{Total air}}$           | -   | -                   |
|            | Tanah              | $\frac{\text{Kebutuhan lahan value added proses renewable}}{\text{Total lahan}}$       | -   | -                   |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Kebutuhan emisi value added proses renewable}}{\text{Total emisi}}$       | -   | -                   |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{\text{Limbah yang dikelola}}{\text{Total limbah}}$                              | $= \frac{24.99 \text{ ton}}{24.99 \text{ ton}}$ | 100 %               |

Lanjutan Tabel 5.64 Pengukuran Efisiensi pada Tahap *End of Life* PT Y

| Dimensi | Indikator         | Efisiensi  | Perhitungan | Nilai Efisiensi (%) |
|---------|-------------------|--|-------------|---------------------|
| Sosial  | Kepuasan          | $\frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}}$                                  | -           | -                   |
|         | Keselamatan       | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{total pegawai} - \text{jumlah hari kerja}}$ | -           | -                   |
|         | Kesehatan         | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai izin sakit}}{\text{total pegawai} - \text{jumlah hari kerja}}$ | -           | -                   |
|         | Pengembangan Diri | $\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{total pegawai}}$                                  | -           | -                   |

## 5.6 CURRENT LC-VSM PT Y

Hasil pengmpulan dan pengolahan data pada PT Y digambarkan pada peta LC-VSM. Hasil peta LC-VSM dapat dilihat pada gambar 5.4.



Gambar 5.5 Life Cycle Value Stream Mapping (LC-VSM) PT Y

### **5.6.1 Hasil Analisis LC-VSM PT Y**

Dari hasil Gambar 5.4 dapat dianalisis hasil sebagai berikut:

1. Analisis waktu: Waktu yang kurang efektif adalah waktu pembelian bahan baku dengan kendaraan PT Y serta waktu lama simpan pada material. Waktu lama simpan yang terlalu lama menyebabkan biaya tinggi serta kemungkinan terjadinya kerusakan material akibat penyimpanan tinggi. Waktu pada proses produksi telah baik karena waktu untuk delay produk rendah.
2. Analisis Material: Material yang digunakan pada PT Y adalah material untuk kemasan galon, hal ini disebabkan oleh bahan baku utama produk AMDK galon adalah air.
3. Analisis Air: Konsumsi air pada PT Y terdapat pada proses manufaktur. Pada proses manufaktur penggunaan air tergolong baik. Namun masih terdapat beberapa aktivitas yang menyebabkan losses air terlalu tinggi. Kegiatan tersebut adalah losses pada tandon dan proses pengurasan tandon.
4. Analisis Energi: energi yang terbuang dan kurang bernilai tambah adalah proses pembelian air dengan menggunakan kendaraan PT Y, hal ini menyebabkan adanya penambahan biaya yaitu biaya tenaga kerja, biaya perawatan truk, dan biaya bahan bakar.
5. Analisis Emisi: Emisi yang dihasilkan adalah disebabkan oleh penggunaan bahan bakar pada proses pembelian bahan baku air serta proses transportasi pengiriman produk.
6. Analisis tanah : PT Y kurang memaksimalkan penggunaan tanah untuk aktivitas bernilai tambah dan area lahan hijau
7. Analisis limbah: limbah yang tergolong cukup tinggi adalah limbah cair pada tahap pra manufaktur dan manufaktur. Limbah yang dihasilkan dari tahap pra manufaktur adalah losses air akibat air kotor dan pengurasan tandon. Sedangkan pada manufaktur adalah limbah air akibat sterilisasi pipa, sterilisasi tandon, dan proses back wash filter atau pencucian mesin. Limbah yang dihasilkan pada manufaktur mengandung bahan kimia dan berbahaya bagi lingkungan.
8. Analisis sosial: secara keseluruhan kepuasan, kesehatan, dan keselamatan pekerja bernilai baik karena jarang terjadi pekerja resign, ketidakhadiran

pekerja, dan kecelakaan kerja sepanjang siklus hidup produk. Namun kepuasan pekerja yang kurang maksimal adalah pada tahap manufaktur. Pada PT Y tidak terdapat pengembangan diri sehingga pekerja tidak memiliki jenjang karir.

### **5.6.2 Rancangan Perbaikan**

Dari hasil pengumpulan dan pengolahan data didapatkan beberapa rancangan perbaikan yaitu:

1. Peningkatan proses inspeksi air dan penjagaan bahan baku air pada tandon, hal ini bertujuan untuk mengurangi tingkat loses akibat kelalaian pekerja dalam menjaga kondisi air dalam tandon
2. Limbah yang dihasilkan dari proses back wash filter serta sterilisasi galon yang mengandung bahan kimia dapat dilakukan pengelolaan terhadap air limbah terlebih dahulu.
3. Pemisahan sampah karton dan plastik untuk memudahkan penjualan pada pihak ketiga
4. Pemberian punishment bagi kerusakan produk akibat kelalaian pekerja khususnya pada tahap distribusi. Seperti galon pecah akibat pekerja kurang hati-hati.
5. Pelaksanaan training pada pekerja untuk meningkatkan pengetahuan dan keahlian pekerja.
6. Pembelian material tidak melebihi minimum order hal ini disebabkan oleh tingginya penyimpanan material menyebabkan adanya biaya tenaga kerja yang tinggi.
7. Pemanfaatan tanah untuk area lahan hijau sehingga membantu mengurangi emisi pada lingkungan

## BAB 6

### Penerapan LC-VSM Pada Perusahaan Z

Penerapan LC-VSM pada PT Z akan dijelaskan pada bab ini, bab ini terdiri dari beberapa bagian yaitu profil perusahaan, pengukuran metrik triple bottom line (ekonomi, lingkungan, sosial), penggambaran *Current* LC-VSM, rancangan perbaikan, dan analisa hasil perbaikan.

#### 6.1 Profil Perusahaan PT Z

PT Z merupakan salah satu perusahaan manufaktur di Jawa Timur. PT Z memproduksi baterai (Aki) untuk beragam jenis kendaraan seperti motor, mobil, truk, ekskavator, dan sebagainya. PT Z berdiri pada tahun 1962. Perkembangan perusahaan dari awal berdiri hingga saat ini dapat dilihat pada Tabel 6.1

Tabel 6.1 *Milestone* Perusahaan PT Z

| Tahun | Kegiatan  |
|-------|---|
| 1962  | Awal tahun berdiri dengan menghasilkan plate baterai  |
| 1981  | Memulai untuk memproduksi <i>conventional lead-acid battery</i>   |
| 1999  | Berubah nama menjadi perusahaan Z dengan memiliki kapasitas produksi mencapai 8.000 baterai per bulan dengan jumlah karyawan 80 orang   |
| 2005  | Menerima beberapa sertivikat seperti: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ISO 9001:2000 oleh TUV – Rheinland</li> <li>2. Serifikat SNI dari LsPro PUSTAN Departemen Perindustrian Republik Indonesia</li> </ol> |
| 2007  | Pengiriman pertama menuju GM-ACDelco  |
| 2008  | Pabrik 1 – memiliki kapasitas produksi 850.000 baterai per tahun dengan mengembangkan mesin produksi baru dan meningkatkan sistem produksi<br>Pabrik 2 – meningkatkan kapasitas menjadi 3.500.000 baterai per tahun   |
| 2009  | Menerima sertivikat ISO / TS 16949:2002 oleh SGS – Jakarta pada juli 2009 pada kedua pabrik   |
| 2010  | Meningkatkan ISO 9001 dari awal versi 2000 menjadi versi 2008 oleh TUV – Rheinland<br>Meluncurkan produk baru yaitu baterai degan <i>free maintenance</i>   |
| 2011  | Meningkatkan ISO/TSI 16949 dari versi 2002 menjadi versi 2009 oleh SGS Indonesia<br>Grand Launching baterai maintenance free dengan merek N, A, dan M   |
| 2012  | Menerima penghargaan “ <i>Zero Accident</i> ” dari Kementrian Tenaga Kerja dan Transmigrasi Repubik Indonesua   |
| 2013  | Mendapatkan sertivikat BPS Filipina untuk menggunakan tanda “PS” pada produk.   |

### **6.1.1 Visi dan Misi PT Z**

PT Z memiliki visi menjadi perusahaan manufaktur baterai automotif dan kendaraan bermotor kelas dunia. Sedangkan misi dari yang dimiliki oleh PT Z adalah:

1. Menyediakan kepuasan konsumen dan inovasi pelayanan
2. Menghasilkan produk yang berkualitas dengan harga yang kompetitif
3. Menarik dan mempertahankan pekerja yang bertalenta dan berdedikasi

### **6.1.2 Kebijakan PT Z**

Kebijakan yang menjadi pegangan bagi karyawan dan perusahaan PT Z adalah sebagai berikut:

1. Hanya menerima, menghasilkan, dan mengirimkan produk yang berkualitas baik
2. Bersaing dalam hal biaya dan harga – dengan mengontrol dan memeriksa *7 waste*
3. Mengirimkan tepat waktu – dengan mengembangkan perencanaan produksi dengan baik
4. Keamanan menjadi hidup kita – mengutamakan keamanan kerja dengan memperhatikan peraturan kewanitaan dan kesehatan
5. Moral – reliable, disiplin, peduli, dan motivasi tinggi
6. Lingkungan – kepedulian lingkungan dilakukan dengan menjaga lingkungan bersih yaitu dengan mengadopsi 5 S sebagai kebiasaan hidup.

### **6.1.3 Pemasaran PT Z**

Saat ini PT Z telah mengirimkan produknya di dalam dan di luar negeri. Negara yang telah menjadi pasar (konsumen) PT Z adalah sebagai berikut:

1. Amerika : Bolivia, Chile, Guatemala, Mexico, Argentina, Suriname, USA, Jamaica
2. Eropa : Greece, Italy, Netherland
3. Afrika : Qatar, UAE, Saudi Arabia, Oman, Jordan, Bahrain, Kuwait, Lebanon,



- Angola, Togo, Tanzania, Sudan, Uganda, Congo, Senegal, Madagascar, Cameroon, Yemen, Somalia, Ethiopia, Nigeria
4. Asia : Indonesia, Malaysia, Singapore, Brunei, Thailand, Philippine, Afghanistan, Cambodia, Myanmar, Vietnam, Hongkong, Srilanka
5. Australia
6. Papua New Guinea
7. Fiji

#### 6.1.4 Standar PT Z

Standar yang diikuti oleh PT Z adalah sebagai berikut:

1. GMW3092 – Mei 2007 (*General specification electrical function*)
2. GMW 3172 – Agustus 2008 (*General specification electrical function*)
3. JIS D5301 – 2006 (*Japanese Industrial Standard for Lead Acid Battery*)
4. EN 50342 (1-2) – 2006 (*European Standard for Lead Acid Battery*)
5. IEC 60095 (1-2-4) – 2006 (*International Standard for Lead Acid Battery*)
6. SNI 0038 – 2009 (*Standard Nasional Indonesia for Automotive & Motorcycle*)
7. SASO 1919 – November 2001 (*Lead Acid Starter Batteries used for Motor Vehicle and Internal Combustion Engines*)
8. SASO 1920 – November 2001 (*Method of Test Lead Acid Starter Batteries used for Motor Vehicle and Internal Combustion Engines*)
9. GSO 34 – 2007 (*Standardization Organization for GCC – Methods of Test For Lead Acid Starter Batteries Used For Motor Car & Internal Combustion Engines*)
10. GSO 35 – 2007 (*Standardization Organization for GCC- Method of Test Lead Acid Starter Batteries used for Motor Vehicle and Internal Combustion Engines*)
11. *Philippine National Standard for Automotive Battery*

### **6.1.5 Aktivitas Penjaminan PT Z**

Untuk menjamin kualitas perusahaan maka PT Z mengikuti beberapa kegiatan penjaminan sebagai berikut:

1. *Internal Audit*

Bertujuan untuk memverifikasi penerimaan dan konsistensi dari penerapan sistem manajemen terhadap persyaratan dan standar dari ISO 9001:2008 dan ISO / TS 16949:2009

2. *Product Audit*

Bertujuan untuk memverifikasi penerimaan produk sesuai dengan spesifikasi dan standar (performansi, tampilan, dimensi, dan syarat peraturan lainnya)

3. *Process Audit*

Bertujuan untuk memverifikasi penerimaan dan konsistensi dari proses operasi sesuai dengan standar operasi dan inspeksi.

4. *Quality System Basic Audit*

Bertujuan untuk memverifikasi penerimaan dan konsistensi dari proses manufaktur terhadap persyaratan QSB

5. *Product Verification B-4T* (Balai Besar Bahan dan Barang Teknik)

Bertujuan untuk memverifikasi performansi produk berdasarkan spesifikasinya.

### **6.1.6 Hari dan Jam Kerja PT Z**

PT Z beroperasi dalam 3 shift kerja selama 6 hari kerja dalam 1 minggu (senin s/d sabtu). Dengan waktu istirahat selama 1 jam dalam satu shift. Kelebihan jam pada setiap shift akan dihitung sebagai jam lembur. Berikut ini pembagian jam kerja karyawan setiap shift:

Shift 1 = 07.30 – 15.30

Shift 2 = 15.30 – 23.30

Shift 3 = 23.30 – 07.30

### 6.1.7 Workstasion dan Layout Pabrik PT Z

PT Z memiliki lahan seluas  $\pm 29.203 \text{ m}^2$  dengan pemanfaatan lahan sebagai berikut:

Tabel 6.2 Luas Bangunan dan Pemanfatan Lahan

| No  | Jenis Pemanfaatan        | Luas Area      |        |
|---|--------------------------|----------------|--------|
|   |                          | m <sup>2</sup> | %      |
| A. Lahan Tertutup                         |                          |                |        |
| 1   | Production Area 1        | 4.608          | 15,78  |
| 2   | Production Area 2        | 2.952          | 10,11  |
| 3   | Rectifier                | 280            | 0,96   |
| 4   | Finished Good Area       | 3.312          | 11,34  |
| 5   | Mosque                   | 225            | 0,77   |
| 6   | Mess & Employ Facility   | 1.167,5        | 4,00   |
| 7   | Security Guard           | 48,5           | 0,17   |
| 8   | Injection                | 1.296          | 4,44   |
| 9   | Office, Meeting Room     | 1.080          | 3,70   |
| 10  | Lead Sheet Caster        | 1.296          | 4,44   |
| 11  | Lead Storage             | 288            | 0,99   |
| 12  | Raw Material Area        | 3.168          | 10,85  |
| 13  | Maintenance + Workshop   | 180            | 0,62   |
| 14  | Power House              | 92             | 0,32   |
| 15  | SPC                      | 180            | 0,62   |
| 16  | Storage Industrial Waste | 144            | 0,49   |
| 17  | New Building             | 2.558          | 8,76   |
| Total Lahan A                             |                          | 22.875         | 78,33  |
| B. Lahan Terbuka dan Prasarana Lingkungan |                          |                |        |
| 1   | Parking Area             | 1.148          | 3,93   |
| 2   | WWT                      | 144            | 0,49   |
| 3   | RTH                      | 5.036          | 17,24  |
| Jumlah B                                  |                          | 6.328          | 21,67  |
| Total Penggunaan Lahan                    |                          | 29.203         | 100,00 |

Sumber: PT Tri Mega Baterindo

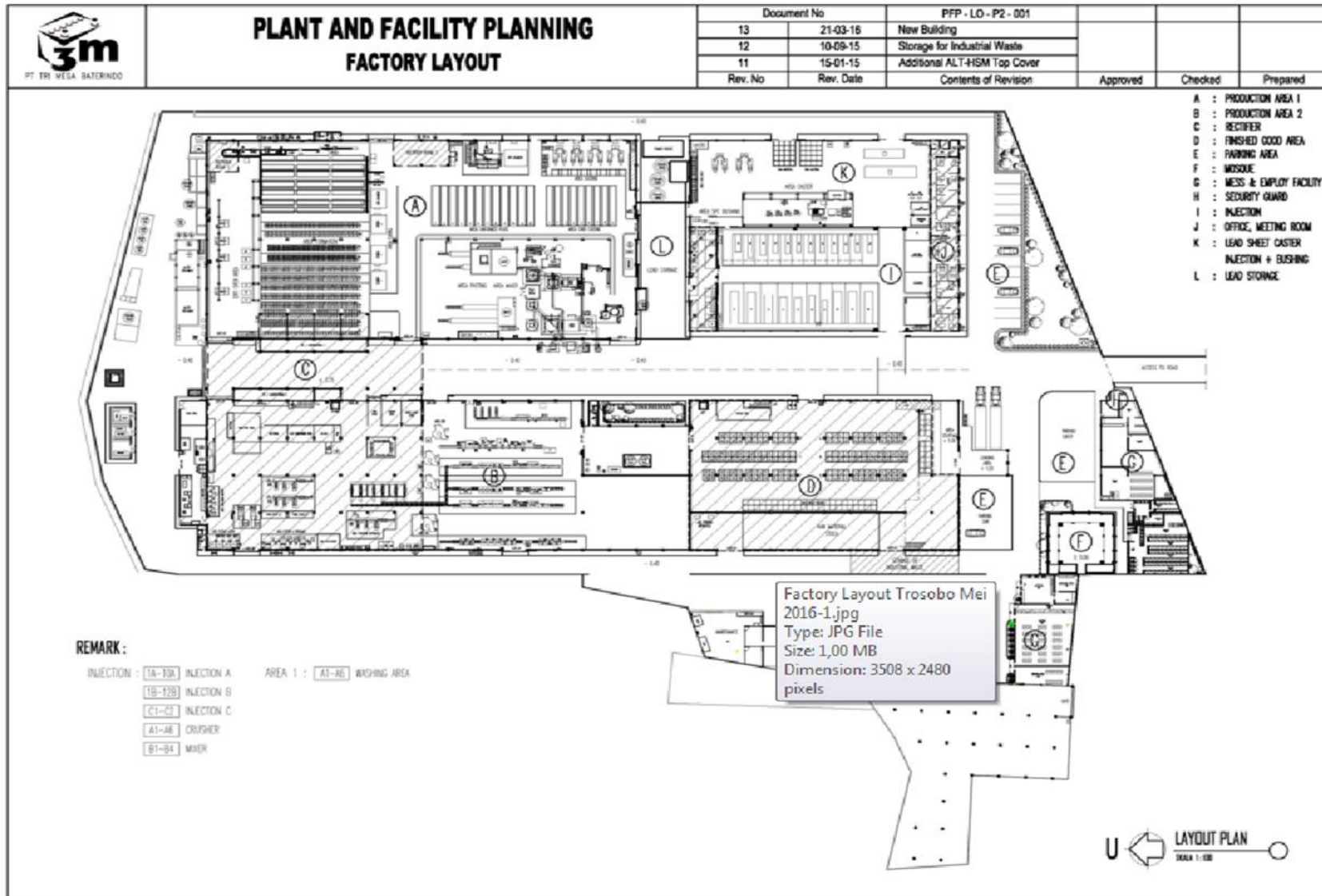
Gambar 6.1 merupakan layout pabrik dari PT Z. PT Z memiliki 2 *production area* yaitu area 1 dan area 2 dengan 8 *workstatsion*.

Pada Area 1 terdiri dari 5 *workstation* yaitu:

1. *Area casting* : Area untuk proses peleburan timah untuk di cetak menjadi *grid*.
2. *Area mixer* dan *pasting*: Area untuk pembuatan pasta dan proses melapisi *grid* dengan pasta
3. *Area curing* : Area pengeringan *grid*
4. *Area formation* : Area untuk mencharge plate yang telah dilapisi oleh pasta
5. *Area dry oven* : Area untuk pengeringan plate (oven)

Sedangkan pada area 2 terdiri dari 3 *workstation* yaitu:

1. Area *Brushing* : Area untuk merapikan plate
2. Area *cutting* : Area pemotongan plat menjadi dua bagian.
3. Area Inspeksi : Area untuk *assembly* dan pemeriksaan kualitas aki yang diproduksi



Gambar 6.2 Layout Perusahaan PT Z

### 6.1.8 Jenis dan Spesifikasi Mesin / Peralatan PT Z

PT Z memiliki beragam jenis mesin dan peralatan untuk menunjang seluruh proses operasional produksi pada sleuruh jenis dan tipe produk. Tabel 6.3 merupakan jenis peralatan yang dimiliki oleh PT Z.

Tabel 6.3 Mesin dan Peralatan PT Z

| No | Jenis Alat                               | Jumlah | Energi Penggerak |
|----|--|--------|------------------|
| 1  | <i>Jig Burning Machine</i>               | 6      | Listrik          |
| 2  | <i>Polarity Machine</i>                  | 1      | Listrik          |
| 3  | <i>Welder + Short Machine</i>            | 1      | Listrik          |
| 4  | <i>Welder Checker Machine</i>            | 1      | Listrik          |
| 5  | <i>Heat Seal Machine</i>                 | 1      | Listrik          |
| 6  | <i>Air Leak + Code Machine</i>           | 1      | Listrik          |
| 7  | <i>Aluminium Foil Machine</i>            | 2      | Listrik          |
| 8  | <i>Cast On Strap Machine</i>             | 1      | Listrik + Gas    |
| 9  | <i>Cast On Strap Machine</i>             | 3      | Listrik + Gas    |
| 10 | <i>Jig Burning AM Machine</i>            | 7      | Listrik          |
| 11 | <i>Polarity AM Machine</i>               | 2      | Listrik          |
| 12 | <i>Polarity &amp; Short Test Machine</i> | 3      | Listrik          |
| 13 | <i>Polarity &amp; Short Test Machine</i> | 1      | Listrik          |
| 14 | <i>Short Test AM Machine</i>             | 5      | Listrik          |
| 15 | <i>Short Test AM Machine</i>             | 1      | Listrik          |
| 16 | <i>Welder AM Machine</i>                 | 4      | Listrik          |
| 17 | <i>Welder + Short AM Machine</i>         | 2      | Listrik          |
| 18 | <i>Welder AM Machine</i>                 | 1      | Listrik          |
| 19 | <i>Welder Checker AM Machine</i>         | 5      | Listrik          |
| 20 | <i>Welder Checker AM Machine</i>         | 1      | Listrik          |
| 21 | <i>Pole Alignmnet AM Machine</i>         | 1      | Listrik          |
| 22 | <i>Heat Seal AM Machine</i>              | 5      | Listrik          |
| 23 | <i>Heat Seal AM Machine</i>              | 1      | Listrik          |
| 24 | <i>Air Leak Tester AM Machine</i>        | 1      | Listrik          |
| 25 | <i>Air Leak Tester AM Machine</i>        | 1      | Listrik          |
| 26 | <i>Air Leak + Code AM Machine</i>        | 3      | Listrik          |
| 27 | <i>Pole Burner AM Machine</i>            | 5      | Listrik          |
| 28 | <i>Pole Burner AM Machine</i>            | 1      | Listrik          |
| 29 | <i>Pole Burner AM Machine</i>            | 1      | Listrik          |
| 30 | <i>Hot Melt AM Machine</i>               | 3      | Listrik          |
| 31 | <i>Date Coding AM Machine</i>            | 1      | Listrik          |
| 32 | <i>Date Coding AM Machine</i>            | 2      | Listrik          |
| 33 | <i>Date Coding AM Machine</i>            | 1      | Listrik          |
| 34 | <i>Aluminium Foil AM Machine</i>         | 4      | Listrik          |
| 35 | <i>Aluminium Foil AM Machine</i>         | 2      | Listrik          |
| 36 | <i>Aluminium Foil AM Machine</i>         | 1      | Listrik          |
| 37 | <i>Drilling Machine</i>                  | 1      | Listrik          |
| 38 | <i>Lead Sheet Caster Machine</i>         | 1      | Listrik          |
| 39 | <i>Grid Casting Machine</i>              | 2      | Listrik          |
| 40 | <i>Grid Casting Machine</i>              | 6      | Listrik          |
| 41 | <i>Grid Casting Machine</i>              | 2      | Listrik          |
| 42 | <i>Grid Casting Machine</i>              | 2      | Listrik          |
| 43 | <i>Grid Casting Machine</i>              | 4      | Listrik          |

Lanjutan Tabel 6.3 Mesin dan Peralatan PT Z

| <b>No</b> | <b>Jenis Alat</b>                                      | <b>Jumlah</b> | <b>Energi Penggerak</b> |
|-----------|--|---------------|-------------------------|
| 44        | <i>Mixer Cork Powder Machine</i>                       | 1             | Listrik                 |
| 45        | <i>Aging Room Machine</i>                              | 1             | Listrik                 |
| 46        | <i>Lead Pot Casting Machine</i>                        | 2             | Listrik                 |
| 47        | <i>Curring Machine</i>                                 | 3             | Listrik + Gas           |
| 48        | <i>Hot Chamber Machine</i>                             | 1             | Listrik + Gas           |
| 49        | <i>Steam Chamber Machine</i>                           | 1             | Listrik + Gas           |
| 50        | <i>Cutting Automotive Machine</i>                      | 3             | Listrik                 |
| 51        | <i>Cutting Motorcycle Machine</i>                      | 3             | Listrik                 |
| 52        | <i>Cutting Plate Machine</i>                           | 2             | Listrik                 |
| 53        | <i>Cutting Separator Machine</i>                       | 1             | Listrik                 |
| 54        | <i>Cutting Batt Auto Machine</i>                       | 1             | Listrik                 |
| 55        | <i>Cutting Batt Motor Machine</i>                      | 1             | Listrik                 |
| 56        | <i>Cutting Auto Machine</i>                            | 1             | Listrik                 |
| 57        | <i>Brushing Automotive Machine</i>                     | 6             | Listrik                 |
| 58        | <i>Brushing Motorcycle Machine</i>                     | 5             | Listrik                 |
| 59        | <i>Rectifier Machine Ex Watta</i>                      | 9             | Listrik                 |
| 60        | <i>Rectifier Machine PowerCon</i>                      | 2             | Listrik                 |
| 61        | <i>Rectifier Machine Local</i>                         | 1             | Listrik                 |
| 62        | <i>Oven Machine Nomoto</i>                             | 3             | Listrik + Gas           |
| 63        | <i>Oven Machine Nomoto</i>                             | 1             | Listrik + Gas           |
| 64        | <i>Las Machine</i>                                     | 4             | Listrik                 |
| 65        | <i>Oven Plate Machine</i>                              | 1             | Listrik                 |
| 66        | <i>Plastic Injection Machine</i>                       | 19            | Listrik                 |
| 67        | <i>Plastic Injection Machine</i>                       | 5             | Listrik                 |
| 68        | <i>Plastic Injection Machine</i>                       | 2             | Listrik                 |
| 69        | <i>Plastic Injection Machine</i>                       | 1             | Listrik                 |
| 70        | <i>Crusher Machine</i>                                 | 5             | Listrik                 |
| 71        | <i>Mixer Machine</i>                                   | 4             | Listrik                 |
| 72        | <i>Bushing SPC Machine</i>                             | 2             | Listrik + Gas           |
| 73        | <i>Cutting Container Machine</i>                       | 1             | Listrik                 |
| 74        | <i>Semi – Auto Secondry Cover Heat Sealing Machine</i> | 1             | Listrik                 |
| 75        | <i>Semi – Auto Cover Air Leak Test Machine</i>         | 1             | Listrik                 |
| 76        | <i>Milling Machine</i>                                 | 1             | Listrik                 |
| 77        | <i>Lathe Machine</i>                                   | 1             | Listrik                 |
| 78        | <i>Inverter Las Machine</i>                            | 1             | Listrik                 |
| 79        | <i>Drilling Machine</i>                                | 1             | Listrik                 |
| 80        | <i>Cutting Plate Machine</i>                           | 1             | Listrik                 |
| 81        | <i>Mixer Machine</i>                                   | 1             | Listrik                 |
| 82        | <i>Mixer Machine</i>                                   | 1             | Listrik                 |
| 83        | <i>Oxide Machine</i>                                   | 2             | Listrik + Gas           |
| 84        | <i>Pasting Machine</i>                                 | 2             | Listrik                 |
| 85        | <i>Pasting Machine</i>                                 | 1             | Listrik                 |
| 86        | <i>Oven Machine</i>                                    | 3             | Listrik                 |
| 87        | <i>Expander Machine</i>                                | 1             | Listrik                 |
| 88        | <i>Hole Punch AM Machine</i>                           | 1             | Listrik + Angin         |
| 89        | <i>Hole Punch AM Machine</i>                           | 3             | Listrik + Angin         |
| 90        | <i>Hole Punch Machine</i>                              | 1             | Listrik + Angin         |
| 91        | <i>Air Leak Tester Machine</i>                         | 1             | Listrik                 |
| 92        | <i>Ultrasonic Machine</i>                              | 1             | Listrik + Angin         |
| 93        | <i>Lead Pot Machine</i>                                | 4             | Listrik + Gas           |
| 94        | <i>Wajan Timah Machine</i>                             | 2             | Listrik + Gas           |

Lanjutan Tabel 6.3 Mesin dan Peralatan PT Z

| No  | Jenis Alat                              | Jumlah | Energi Penggerak |
|-----|---|--------|------------------|
| 95  | <i>Stacking Machine</i>                 | 1      | Listrik          |
| 96  | <i>Stacking Machine</i>                 | 3      | Listrik          |
| 97  | <i>Boiler Machine</i>                   | 1      | Listrik          |
| 98  | <i>Compressor Machine</i>               | 3      | Listrik          |
| 99  | <i>Compressor Machine</i>               | 1      | Listrik          |
| 100 | <i>Air Dryer Machine</i>                | 2      | Listrik          |
| 101 | <i>Air Dryer Machine</i>                | 1      | Listrik          |
| 102 | <i>Cooling Tower Machine</i>            | 9      | Listrik          |
| 103 | <i>Water Chiller Machine</i>            | 3      | Listrik          |
| 104 | <i>Water Chiller Machine</i>            | 3      | Listrik          |
| 105 | <i>Water Chiller Machine</i>            | 1      | Listrik          |
| 106 | <i>Reverse Osmosis Machine</i>          | 1      | Listrik          |
| 107 | <i>Nitrogen Converter Machine</i>       | 1      | Listrik          |
| 108 | <i>Generator Machine</i>                | 1      | Listrik          |
| 109 | <i>Water Treathment Plant Machine</i>   | 1      | Listrik          |
| 110 | <i>Compressor Atlas Copco Machine</i>   | 1      | Listrik          |
| 111 | <i>Rectifier Machine</i>                | 15     | Listrik          |
| 112 | <i>Rectifier Machine</i>                | 10     | Listrik          |
| 113 | <i>Acid Filling Machine</i>             | 2      | Listrik          |
| 114 | <i>Acid Levelling Machine</i>           | 1      | Listrik          |
| 115 | <i>Filling – Levelling Acid Machine</i> | 1      | Listrik          |
| 116 | <i>Washing Machine</i>                  | 1      | Listrik          |
| 117 | <i>Heatseal Machine</i>                 | 1      | Listrik          |
| 118 | <i>Air Leak Tester Machine</i>          | 1      | Listrik          |
| 119 | <i>High Discharge 3000 A Machine</i>    | 1      | Listrik          |
| 120 | <i>Press Akumsan Machine</i>            | 1      | Listrik          |

Sumber: PT Tri Mega Baterindo

## 6.2 Pemilihan Produk PT Z

Aki yang diproduksi PT Z untuk beragam jenis kendaraan seperti motor, mobil, truk, ekskavator, dan sebagainya. Aki atau accumulator berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia dan memberikan arus listrik dalam aktivitas kendaraan bermotor seperti starter (menyalakan) mesin, klakson, lampu, tape, dll.

Terdapat tiga jenis produk aki PT Z yaitu aki motor, aki *maintenance free*, dan aki konvensional. Aki motor adalah aki yang khusus diproduksi untuk memenuhi kebutuhan aki pada kendaraan motor roda dua, sedangkan aki *maintenance free* adalah aki yang tidak membutuhkan perawatan ketika digunakan seperti menambah air aki seperti pada jenis aki konvensional.

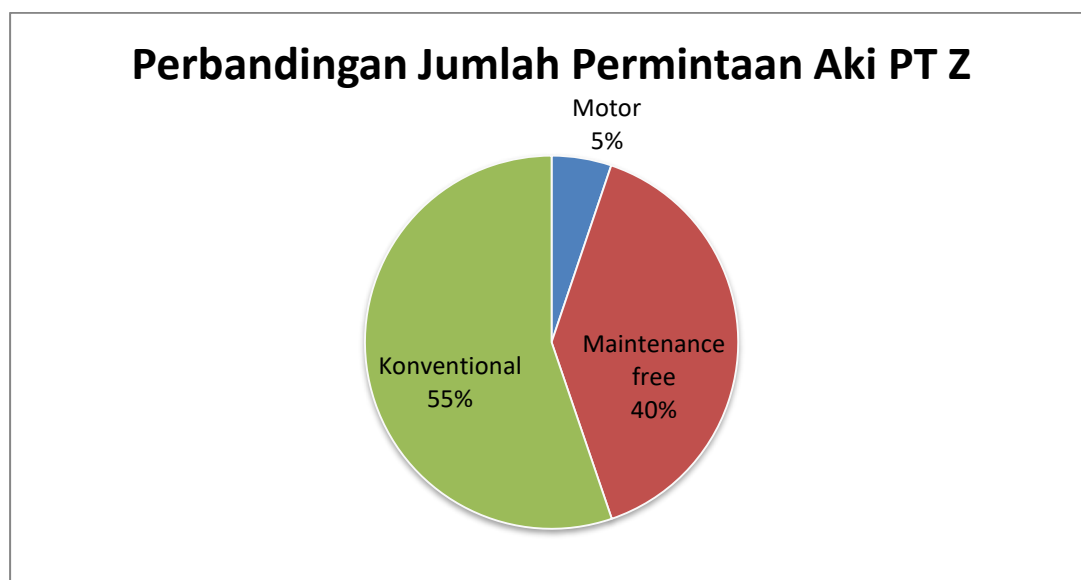
Pada penelitian ini jenis aki yang dipilih sebagai obyek penelitian adalah aki kendaraan mobil konvensional. Hal ini disebabkan oleh aki konvensional



memiliki permintaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan aki *maintenance free* (MF).

Tabel 6.4 Jumlah Permintaan setiap Jenis Aki PT Z

| Bulan            | Motor        | Aki<br>Maintenance Free | Aki<br>Konvensional | Total         |
|------------------|--------------|-------------------------|---------------------|---------------|
| Januari          | 2727         | 23378                   | 19488               | 45593         |
| Februari         | 7266         | 20654                   | 23622               | 51542         |
| Maret            | 2897         | 47243                   | 24524               | 74664         |
| April            | 974          | 23090                   | 25889               | 49953         |
| Mei              | 372          | 4305                    | 42562               | 47239         |
| Juni             | 0            | 7236                    | 24569               | 31805         |
| Juli             | 3474         | 9400                    | 28106               | 40980         |
| <b>Total</b>     | <b>17710</b> | <b>135306</b>           | <b>188760</b>       | <b>341776</b> |
| <b>Rata-rata</b> | <b>2530</b>  | <b>19329</b>            | <b>26966</b>        | <b>48825</b>  |



Gambar 6.3 Perbandingan Jumlah Permintaan Aki PT Z

Dari gambar 6.3 dapat diketahui bahwa jumlah aki konvensional lebih banyak diminati dibandingkan dengan *maintenance free*. Oleh karena itu produk yang menjadi obyek pada penelitian ini adalah aki konvensional.

### 6.3 Proses Bisnis Perusahaan PT Z

Untuk memudahkan dalam memahami proses bisnis dari PT Z maka dibangun sebuah diagram SIPOC. Diagram SIPOC PT Z dapat dilihat pada Gambar 6.4.

1. Proses pembelian dan penerimaan bahan baku utama dan material penolong. Bahan baku dan material penolong dilakukan inspeksi pada kualitas dan spesifikasi yang dipersyaratkan oleh unit *quality control*. Hasil pemeriksaan bahan baku akan dicatat, kemudian dilanjutkan dengan kelengkapan administrasi dan lainnya.
2. Proses Produksi
  - a. *Oxide*: Merupakan proses pembuatan tepung timah. Pada proses ini Pb-murni direaksikan dengan oksigen untuk membentuk PbO. Proses pembentukan PbO dilakukan pada reaktor putar molen (lead oxide mill). Sebelum masuk ke unit reaktor, Pb-murni dilebur dengan bahan bakar gas, dan dalam reaktor putar (molen) Pb direaksikan dengan oksigen yang diperoleh dengan menghembuskan udara sehingga membentuk PbO (padat). Bijih PbO selanjutnya dicetak panjang, dipotong kecil, hingga digiling (mixing) menjadi PbO bubuk atau tepung timah (lead oxide powder). Mesin yang digunakan adalah mesin *Ball Mill*.
  - b. *Casting*: Merupakan proses produksi grid. Grid merupakan lembaran jaring-jaring (*frame grid*). Proses pembentukan grid dimulai dari peleburan batang timah pada fox, menuang pada mold, dan kemudian dicetak menjadi grid. Dalam proses membentuk grid, mold perlu diberi cork spray. Cork spray melapisi mold sebagai insulasi panas agar cairan timah membeku secara bersamaan pada semua bagian mold.
  - c. *Pasting*: Proses pelapisan pasta pada grid yang telah dicetak. Pasta merupakan pelarutan tepung timah yang dihasilkan pada oxide dengan beberapa bahan lainnya seperti air, asam sulfat, dan expander. Hasil *pasting* ini akan menjadi lapisan pada grid. Pelapisan ini disesuaikan dengan spesifikasi yang ditentukan seperti berat dan tebal plate. Pasta dimasukkan melalui hopper sedangkan grid dimasukkan melalui grid

feeder. Pasta akan ditempelkan oleh paster yang berada di bawah hopper. Pada paster terdapat 3 buah rol yang diatur sesuai dengan tebal banyaknya pasta yang akan diberikan. Setelah keluar dari paster, plate akan melalui roller press yang berfungsi untuk meratakan hasil paster. Beberapa jenis plate, dipasang tambahan roller press yang disiram dengan acid shower. Acid Shower bertujuan untuk membentuk lapisan tipis  $\text{PbSO}_4$  pada plate (-) yang dapat mencegah retak pada plate karena banyaknya zat additive didalamnya. Hasil dari proses ini disebut dengan pasted plate atau plate mentah.

- d. *Curing dan hot chamber*: Plate yang telah jadi maka dilakukan pengeringan pada oven serta pengeringan pada ruang khusus *curing* dimana khusus dimana suhu dan humidity (kelembaban udara) diatur. *Curing* Merupakan proses pengeringan yaitu proses oksidasi Pb menjadi  $\text{PbO}$  sehingga pasta melekat sempurna pada grid sehingga plate memenuhi standar kualitas tertentu. Proses *curing* dapat mengurangi kadar Pb (free lead) dengan katalis berupa air. Pada proses *curing* juga diharapkan terjadinya pengkaratan antara pasta dengan grid sehingga pasta tidak mudah rontok. *Curing* dilakukan dalam suatu ruangan Pb akan berkurang hingga 5% dan kadar air akan turun hingga 5%.
- e. *Formation* : Formasi merupakan proses charging (pengisian muatan listrik) plate mentah yang telah dikeringkan dengan cara dimasukkan kedalam bak yang berisi larutan asam sulfat 5% dan air, kemudian dialiri arus DC untuk plate positif dan untuk plate negatif hanya dimasukkan kedalam larutan asam sulfat tanpa langsung dialiri arus listrik. Formasi pada aki konvensional dilakukan untuk menyimpan aki didalam plate. Plate tersebut akan digunakan sebagai kutub positif dan kutub negatif pada akumulator (katode dan anode) dan dapat dibedakan dari bentuk dan warna dari kedua plate tersebut. Plate positif berwarna hitam, sedangkan plate negatif berwarna abu-abu. Setelah muatan listrik tercapai, plate tersebut yang selanjutnya disebut plate. Formasi dilakukan selama 20 jam. Besarnya arus listrik bergantung pada tipe aki.

- f. Proses pencucian: Plate yang telah bermuatan listrik akan dilakukan proses pencucian dengan cara mencelupkan ke air bersih beberapa kali hingga plate bersih dari sisa-sisa asam sulfat.
- g. *Drying*: Proses pengeringan plate yang telah di charge pada oven. Oven dibedakan berdasarkan sifat plate. Pengeringan pada oven positif untuk plate sisi positif (katode) dan oven negatif untuk plate sisi negative (anode). Proses drying adalah dengan memasukan plate kedalam braket dan ditarik ke atas dengan crane, kemudian dimasukkan kedalam oven. Proses ini dilakukan selama 2-3 jam.
- h. *Cutting*: Proses pemotongan plat menjadi dua bagian. Proses ini bertujuan untuk menyempurnakan bentuk plate jadi dengan cara memotong bagian-bagian yang tidak dibutuhkan.
- i. *Brushing*: Proses merapikan plate yang telah dipotong menjadi dua bagian sehingga plat tidak kasar.
- j. Proses *assembly*: Proses perakitan plate *negative* dan positif hingga menjadi produk jadi aki. Proses assembly ini terdiri dari beberapa proses yaitu:
  - 1) *Stacking* manual: Proses penyusunan plat negatif dan positif serta menambahkan separator diantaranya. Jumlah plat yang bergantung pada spesifikasi aki.
  - 2) *Cell burning*: Proses penggabungan plat yang telah disusun dengan cara dilas.
  - 3) *Boxing*: Hasil dari plat yang ditelah disusun dan dilas menghasilkan cell plat. Cell plat akan dimasukkan pada box. Jumlah sell plat yang akan dimasukkan kedalam box disesuaikan dengan spesifikasi produk. Semakin banyak cell maka aki akan memiliki daya yang lebih besar.
  - 4) *Welding*: pengelasan aki yaitu pada lubang hole punch untuk nyambung antar cell
  - 5) *Welding checker*: pengecekan hasil pengelasan

- 6) *Heat sealing*: Proses penutupan aki pada container dengan cover melalui proses pemanasan. Proses ini bertujuan untuk menghindari kebocoran
  - 7) *Leak test*: Uji kebocoran pada aki
  - 8) *High rate test* : Uji konslet dan kelembaban. Pada proses ini terdapat sensor mendeteksi produk reject. Produk yang reject dilakukan repair manual dan dilakukan pengetesan kembali.
  - 9) *Labelling*: Proses pelapisan container dengan label stiker.
  - 10) *Packaging*: Proses pengemasan aki yang telah diproduksi dan lolos uji untuk dikemas ke dalam karton.
3. Proses Distribusi dan shipping: Proses pengiriman aki pada distributor atau retailer.
  4. Proses konsumsi: Aki digunakan pada kendaraan bermotor sebagai sumber arus listrik dalam aktivitas kendaraan bermotor. Pada aki konvensional dibutuhkan beberapa proses penggantian dan perawatan sebagai berikut:

Saran proses penggantian aki sebagai berikut:

- a. Pastikan mesin berada dalam kondisi "Off" dan kuncinya harus dilepas
- b. Jika voltase baterai kurang dari 12.45 V. Pengisian (*charge*) awal dianjurkan.
- c. Tempatkan baterai baru pada rak dan kencangkan dengan baut pengencang.
- d. Sambungkan kabel positif dengan terminal positif terlebih dahulu.
- e. Sambungkan kabel negatif dengan terminal negatif.

Saran proses perawatan aki konvensional adalah sebagai berikut:

- a. Pembersihan : Menjauhkan penutup atas baterai tetap kering bersih dan bebas dari korosi. Memeriksa lubang ventilasi dan tabung pembuangan untuk memastikan terbebas dari kotoran atau lipatan.
- b. Penambahan Air : Perlu dilakukan pengisian aki dengan air suling apabila kadar elektrolit lebih rendah dari "*lower level*". Proses penambahan air suling hingga mencapai tanda "*upper level*".

- c. Penambahan *Charging*: *Charging* perlu dilakukan apabila elektrolit (asam sulfur) lebih rendah dari 1,220.

Saran penggantian dan perawatan aki dijelaskna pada buku panduan aki.

5. Proses *End of Life*: Aki yang telah usang dan melebihi batas umur hidup produk sehingga tidak dapat digunakan kembali pada umumnya akan dikumpulkan oleh pengepul. Kemudian PT M yang menjadi anak perusahaan PT Z akan mengumpulkan aki bekas pada pengepul untuk diolah kembali dengan cara mengambil batang timah yang ada dalam aki dan diolah kembali utnuk menjadi batang timah baru. Batang timah ini nantinya akan dikirimkan pada PT Z untuk diolah menjadi aki baru.

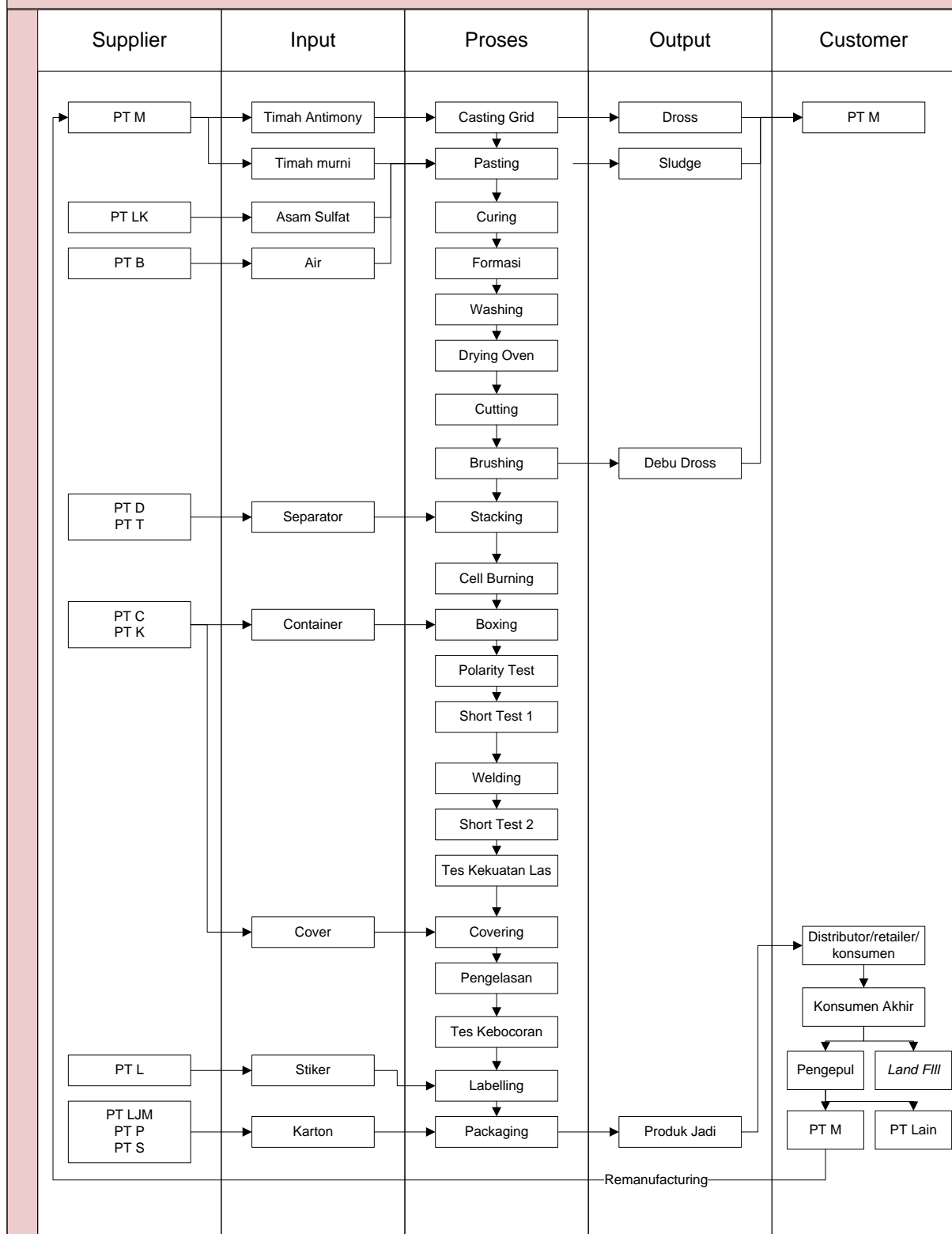
Proses *recycle* timah pada baterai bekas adalah sebagai berikut:

- 1) Pengumpulan dan penyimpanan aki bekas sesuai dengan jenisnya (aki basah atau aki kering)
- 2) Proses *Crusher*: Pemotongan dan pemisahan aki dari berbagai bahan (plastik), komponen utama lead (timah), serta larutan elektrolit (asam) dengan gas fired thermal oxidizer. Proses ini menggunakan mesin crusher. Baterai masuk ke unit penghancur melalui konveyor, setelah lead (timah), pasta dan plastik terpisah maka akan dicuci dan dipisahkan berdasarkan jenisnya. Air yang telah digunakan akan menuju bagian netralisasi asam untuk diolah kembali untuk digunakan kembali.
- 3) *Furnace (smelting)* : Peleburan timah yang telah dipisahkan dari berbagai bahan didalam tangki panas (900-1250 C) dengan menggunakan *rotary furnace*
- 4) Proses penyulingan (*refining*) dan pepaduan (*alloying*): Timah timbal yang dihasilkan dari rotary furnace akan dikumpulkan dalam sebuah ketel penyulingan untuk dipisahkan dari beragam sampah/kotoran atau logam lainnya (S, Cu, Ni, As, Sb, Bi, Ag, Au, dll) dengan menggunakan proses pyrometalurgi. Proses pyrometalurgi dilakukan dengan mellehkan timbal mentah pada suhu 327-630 C. konsep dari proses ini adalah penambahan reagen spesifik pada lead cair pada suhu yang tepat. Reagen ini akan menghilangkan logam yang tidak

dibutuhkan. Proses ini akan menghasilkan antimony lead. Apabila akan menghasilkan soft lead maka perlu ditambahkan proses pemurnian.

- 5) Proses *casting* (pemadatan) timah dengan menggunakan *lead ingot casting machine*. Mesin ini menggunakan konveyor dimana cetakan berada pada atas konveyor. Pada proses ini timah cair murni akan dipompa keluar menuju cetakan serta terdapat serangkaian pendingin yang berfungsi untuk memadatkan timah sehingga ketika keluar timah telah menjadi ingot dan dipindahkan pada area penyimpanan produk jadi.

## Proses Produksi Aki Konvensional PT Z



Gambar 6.4 Diagram SIPOC PT Z



Aliran informasi pada PT Z dimulai dari pada proses penerimaan pesanan hingga produk didistribusikan pada konsumen adalah sebagai berikut:

1. Pihak marketing menerima permintaan dan mempelajari permintaan dari konsumen. Apabila permintaan merupakan jenis produk baru maka informasi akan dikirimkan menuju tim APQP untuk melakukan pengembangan terhadap produk tersebut hingga konsumen menyetujui dari rancangan produk yang dikembangkan.
2. Apabila desain produk sudah ada (bukan produk baru) maka dilakukan verifikasi harga terhadap konsumen, melakukan penawaran (*quotation*), dan dikirimkan kepada konsumen.
3. Apabila konsumen telah setuju maka dilakukan kontrak pembelian (*sales contract*).
4. Setelah konsumen menyetujui kontrak yang dibuat maka dilakukan *production inquiry*
5. Kemudian dilakukan perencanaan produksi oleh bagian PPIC
6. Jadwal dan jumlah produk kemudian diinformasikan kepada bagian produksi untuk melaksanakan proses pembuatan produk yang telah ditentukan.
7. Setelah produk selesai dibuat maka informasi akan dikirimkan kepada pihak manajemen untuk diinformasikan kepada pihak distribusi untuk mengirimkan produk kepada konsumen.

#### **6.4 Pengukuran dan Pengumpulan Data Siklus Hidup Produk PT Z**

Berikut ini merupakan proses pengukuran dan pengumpulan data pada setiap tahapan siklus hidup produk yang dimulai dari tahap pra manufaktur, manufaktur, distribusi, konsumsi, dan *end of life*.

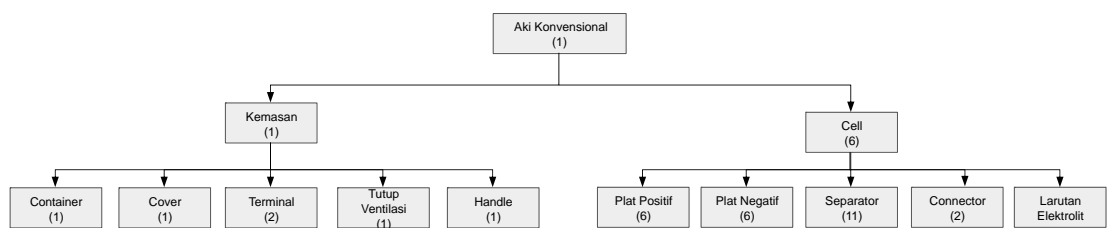
Tabel 6.5 Aktivitas Pada setiap Tahapan Siklus Hidup Produk

| Tahap          | No. | Proses                                    | Alat/mesin                               | Waktu            |
|----------------|-----|---|--|------------------|
| Pra Manufaktur | 1.  | Pemeriksaan kualitas                      | AGV                                      | 9 menit          |
|                | 2.  | Menunggu hasil kualitas                   | -  | 30 menit         |
|                | 3.  | Penyimpanan pada gudang                   | -  | 4 bulan          |
|                | 4.  | Persiapan material                        | -  | 35 menit         |
| Manufaktur     | 1.  | <i>Casting</i>                            | <i>Grid Casting Machine</i>              | 0.8 detik/grid   |
|                | 2.  | Produksi 1 pallet                         | Pallet                                   | 35 menit/pallet  |
|                | 3.  | Pendinginan dan penyimpanan               | -  | 1 hari           |
|                | 4.  | Menunggu diproses <i>casting</i>          |  | 2 hari           |
|                | 5.  | <i>Pasting</i>                            | <i>Pasting machine</i>                   | 0.5 detik/plate  |
|                | 6.  | Produksi 1 pallet (6 layer)               | Pallet                                   | 25 menit/pallet  |
|                | 7.  | Transfer ke <i>curing</i>                 | <i>Forklift</i>                          | 43.25 detik      |
|                | 8.  | <i>Curing</i>                             | Drying oven                              | 20 jam           |
|                | 9.  | Pendinginan dan                           | -  | 5 hari           |
|                | 10. | Menunggu proses formasi                   |  | 2 hari           |
|                | 11. | Formasi                                   | Formasi room                             | 23.5 jam         |
|                | 12. | Transfer menuju pencucian plate           | Manual                                   | 180.25 detk      |
|                | 13. | Pencucian Plate                           | Washing machine                          | 50 menit         |
|                | 14. | Transfer menuju oven                      | Crane                                    | 32.21 detik      |
|                | 15. | Oven                                      | Oven plate machine                       | 165 menit        |
|                | 16. | Pendinginan                               | -  | 20 menit         |
|                | 17. | Tes laboratorium                          | Laboratorium                             | 1 jam            |
|                | 18. | Menuju Area 2                             | <i>Forklift</i>                          | 3.21 menit       |
|                | 19. | <i>Cutting</i>                            | <i>Cutting Plate Machine</i>             | 9.63 detik       |
|                | 20. | <i>Brushing</i>                           | <i>Brushing Automotive Machine</i>       | 13.51 detik      |
|                | 21. | Menuju proses <i>stacking</i>             | Pallet                                   | 21 menit         |
|                | 22. | <i>Stacking</i>                           | <i>Stacking Machine</i>                  | 5.43 detik       |
|                | 23. | Produksi 1 pallet                         | Pallet                                   | 8 menit          |
|                | 24. | Menuju pengelasan ( <i>cell burning</i> ) | <i>Forklift</i>                          | 22 detik         |
|                | 25. | Pengelasan 6 rangkaian                    | Las machine                              | 2 menit 54 detik |
|                | 26. | Menuju <i>boxing</i>                      | Manual                                   | 10 detik         |
|                | 27. | <i>Boxing</i>                             | Manual                                   | 69.5 detik       |
|                | 28. | Menuju tes                                | Conveyor                                 | 8 detik          |
|                | 29. | Tes <i>polarity</i>                       | <i>Polarity &amp; short test Machine</i> | 3 detik          |
|                | 30. | Transfer ke short tes 1                   | Conveyor                                 | 4 dtk            |
|                | 31. | Short test 1                              | Short tes AM machine                     | 6 detik          |
|                | 32. | Transfer ke pengelasan                    | Conveyor                                 | 3.9 detik        |
|                | 33. | Head seal (pengelasan)                    | Las machine                              | 58.93 detik      |
|                | 34. | Tranfer short tes 2                       | Conveyor                                 | 5.64 detik       |
|                | 35. | Short Tes 2                               | Short tes AM machine                     | 13.63 detik      |
|                | 36. | Transfer ke tes kekuatan las              | Conveyor                                 | 11.71 detik      |
|                | 37. | Tes kekuatan las                          |  | 8.46             |

Lanjutan Tabel 6.5 Aktivitas Pada setiap Tahapan Siklus Hidup Produk

| Tahap       | No. | Proses                                 | Alat/mesin             | Waktu       |
|-------------|-----|--|------------------------|-------------|
|             | 38. | Transfer ke proses covering            | Conveyor               | 7.07 detik  |
|             | 39. | Covering                               |                        | 19.50 detik |
|             | 40. | Pengelasan                             | Las Machine            | 10.96 detik |
|             | 41. | Transfer Tes kebocoran                 | Conveyor               | 2.58 detik  |
|             | 43. | Tes kebocoran                          |                        | 25.68 detik |
|             | 44. | Transfer penomoran tanggal             | Conveyor               | 3.81 detik  |
|             | 45. | Labelling & Penomoran                  | Date Coding            | 2 detik     |
|             | 46. | Transfer packaging alumunium           | Conveyor               | 10.92 detik |
|             | 47. | Packaging alumunium dan pemanasan      | Alumunium Foil machine | 24.27 detik |
|             | 48. | Finishing (pembersihan)                | Manual                 | 17.20 detik |
|             | 49. | Packaging karton                       | Manual                 | 20 detik    |
|             | 50. | Menunggu 1 layer (50 aki)              | Pallet                 | 12 menit    |
|             | 51. | Menuju gudang jadi                     | Forklift               | 4 menit     |
| Distribusi  | 1.  | Penyimpanan pada gudang                | -                      | 2 hari      |
|             | 2.  | Pengiriman pada distributor            | Pick up / truck        | 20 menit    |
|             | 3.  | Penyimpanan pada distributor           | -                      | 1 hari      |
| Konsumsi    | 1.  | Penggunaan aki pada kendaraan          | -                      | 1.5 tahun   |
| End Of Life | 1.  | Pembelian oleh pengepul                | -                      | 3 bulan     |
|             | 2.  | Pemisahan aki (crusher)                | Crusher                | 1 jam       |
|             | 3.  | Smelting                               | Rotation Furnace       | 5 jam       |
|             | 4.  | Refining & Alloying                    |                        | 7 jam       |
|             | 5.  | Casting                                | Casting Machine        | 1 jam       |
|             | 6.  | Pengiriman pada PT Z & perusahaan lain |                        | 2 hari      |

#### 6.4.1 TAHAP PRA MANUFAKTUR PT Z



Gambar 6.5 Bill of Material Aki Konvensional (12 plat/cell)

Aki memiliki elemen sebagai berikut:

1. Plat baterai: Merupakan kumpulan dari plat positif dan negatif yang terbentuk dari grid dan pasta. Plat berfungsi untuk mengurangi penurunan daya dan mengurangi tingkat penguapan, sehingga daya hantar listrik cepat dan tingkat starter tinggi

2. Separator: Merupakan pemisah atau penyekat antara plat positif dan negatif yang terbuat dari kertas pulp yang bermutu tinggi.
3. Container aki : merupakan wadah elemen-elemen aki yang tahan pecah dan anti bocor
4. Cover : Merupakan penutup aki
5. Terminal baterai: Terletak pada atas aki yang terdiri dari dua terminal yaitu terminal positif dan negative
6. Tutup ventilasi : Lubang yang berfungsi untuk memeriksa dan menambah air aki
7. Larutan elektrolit : Merupakan cairan pada baterai yang mampu mengalirkan arus listrik terdiri dari asam sulfat dan air.
8. Connector : penghubung antar cell.
9. Handle: memudahkan proses handle dan pemasangan aki pada kendaraan.

Bahan baku dalam pembuatan aki adalah timah. Timah didapatkan dari PT M yang merupakan perusahaan utama dari PT Z. Timah PT M didapatkan dari pengolahan kembali pada aki yang telah selesai dikonsumsi. Jenis timah yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 6.6 Jenis Bahan Baku Timah

| No | Jenis Timah         | Karakteristik | Sumber |
|----|---------------------|---------------|--------|
| 1  | Timah Antimony 2.2% | Padat         | PT M   |
| 2  | Timah Lembek        | Padat         |        |
| 3  | Timah MOS           | Padat         |        |
| 4  | Timah MON           | Padat         |        |
| 5  | Timah MOP           | Padat         |        |
| 6  | Timah Antimony 3.2% | Padat         |        |
| 7  | BANKA               | Padat         |        |
| 8  | Timah MOPG          | Padat         |        |
| 9  | Sulfurid Acid       | Cair          |        |

Sedangkan material penolong lainnya dibeli pada supplier berikut:

Tabel 6.7 Jenis Bahan Penolong

| No | Jenis Bahan Penolong | Karakteristik | Sumber                 |
|----|----------------------|---------------|------------------------|
| 1  | Separator            | Padat         | PT D<br>PT T           |
| 2  | Karton               | Padat         | PT LJM<br>PT P<br>PT S |
| 3  | Stiker               | Padat         | PT L                   |
| 4  | Asam sulfat          | cair          | PT LT                  |
| 5  | Styrofoam            | Padat         | PT K<br>PT M           |
| 6  | Cover & Container    | Padat         | PT C<br>PT K           |

Aktivitas yang dilakukan pada tahap pra manufaktur pada PT Z adalah:

1. Pemeriksaan Kualitas bahan
2. Pemeriksaan kondisi kemasan/ikatan terutama ada tidaknya kebocoran
3. Pengawasan cara dan tempat penyimpanan
4. Pengawasan keselamatan kerja waktu pengangkutan

#### 6.4.1.1 Waktu Tahap Pra Manufaktur PT Z

##### A. Waktu Pemesanan Material

Performansi supplier dalam ketepatan memenuhi waktu pengiriman sesuai dengan perjanjian adalah:

Tabel 6.8 *Lead Time* Dan Performansi Supplier

| Jenis             | Bulan    | Jumlah PO | LT (hari) | Rata-rata LT (hari) | PO Terpenuhi | PO tidak Terpenuhi | Persentase  |
|-------------------|----------|-----------|-----------|---------------------|--------------|--------------------|-------------|
| Styorofoam (PT K) | Januari  | 7         | 14        | 15                  | 3            | 4                  | 43 %        |
|                   | Februari | 8         | 14        | 18                  | 0            | 8                  | 0 %         |
|                   | Maret    | 14        | 14        | 23                  | 3            | 11                 | 21 %        |
|                   | April    | 10        | 14        | 19                  | 1            | 9                  | 10 %        |
|                   | Mei      | 13        | 14        | 18                  | 4            | 9                  | 31 %        |
| <b>TOTAL</b>      |          | <b>52</b> | <b>-</b>  | <b>93</b>           | <b>11</b>    | <b>41</b>          | <b>21 %</b> |
| Styorofoam (PT M) | Januari  | 9         | 14        | 8                   | 8            | 1                  | 89 %        |
|                   | Februari | 6         | 14        | 9                   | 6            | 0                  | 100 %       |
|                   | Maret    | 12        | 14        | 16                  | 6            | 6                  | 50 %        |
|                   | April    | 10        | 14        | 20                  | 5            | 5                  | 50 %        |
|                   | Mei      | 11        | 14        | 19                  | 5            | 6                  | 45 %        |
| <b>TOTAL</b>      |          | <b>48</b> | <b>-</b>  | <b>72</b>           | <b>30</b>    | <b>18</b>          | <b>63 %</b> |

Lanjutan Tabel 6.8 *Lead Time* Dan Performansi Supplier

| Jenis               | Bulan    | Jumlah PO | LT (hari) | Rata-rata LT (hari) | PO Terpenuhi | PO tidak Terpenuhi | Persentase   |
|---------------------|----------|-----------|-----------|---------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Karton (PT LJM)     | Januari  | 7         | 14        | 14                  | 3            | 4                  | 43 %         |
|                     | Februari | 13        | 14        | 20                  | 2            | 11                 | 15 %         |
|                     | Maret    | 31        | 14        | 23                  | 6            | 25                 | 19 %         |
|                     | April    | 17        | 14        | 27                  | 5            | 12                 | 29 %         |
|                     | Mei      | 30        | 14        | 17                  | 9            | 21                 | 30%          |
| <b>TOTAL</b>        |          | <b>98</b> | <b>-</b>  | <b>101</b>          | <b>23</b>    | <b>73</b>          | <b>26 %</b>  |
| Karton (PT P)       | Januari  | 2         | 14        | 19                  | 0            | 2                  | 0 %          |
|                     | Februari | -         | -         | -                   | -            | -                  | -            |
|                     | Maret    | -         | -         | -                   | -            | -                  | -            |
|                     | April    | -         | -         | -                   | -            | -                  | -            |
|                     | Mei      | -         | -         | -                   | -            | -                  | -            |
| <b>TOTAL</b>        |          | <b>2</b>  | <b>-</b>  | <b>19</b>           | <b>0</b>     | <b>2</b>           | <b>0 %</b>   |
| Karton (PT S)       | Januari  | 8         | 14        | 13                  | 4            | 4                  | 50 %         |
|                     | Februari | 9         | 14        | 13                  | 7            | 2                  | 78 %         |
|                     | Maret    | 11        | 14        | 15                  | 6            | 5                  | 55 %         |
|                     | April    | 11        | 14        | 17                  | 4            | 7                  | 36 %         |
|                     | Mei      | 8         | 14        | 20                  | 2            | 6                  | 25 %         |
| <b>TOTAL</b>        |          | <b>47</b> | <b>-</b>  | <b>78</b>           | <b>23</b>    | <b>24</b>          | <b>49 %</b>  |
| Stiker (PT L)       | Januari  | 8         | 14        | 15                  | 4            | 4                  | 50 %         |
|                     | Februari | 4         | 14        | 9                   | 4            | 0                  | 100 %        |
|                     | Maret    | 5         | 14        | 14                  | 2            | 3                  | 40 %         |
|                     | April    | 8         | 14        | 23                  | 0            | 8                  | 0 %          |
|                     | Mei      | 10        | 14        | 21                  | 1            | 9                  | 10 %         |
| <b>TOTAL</b>        |          | <b>25</b> | <b>-</b>  | <b>82</b>           | <b>11</b>    | <b>24</b>          | <b>31 %</b>  |
| Asam Sulfat (PT LK) | Januari  | 14        | 14        | 3                   | 14           | 0                  | 100 %        |
|                     | Februari | 8         | 14        | 4                   | 8            | 0                  | 100 %        |
|                     | Maret    | 15        | 14        | 3                   | 15           | 0                  | 100 %        |
|                     | April    | 9         | 14        | 4                   | 9            | 0                  | 100 %        |
|                     | Mei      | 5         | 14        | 3                   | 5            | 0                  | 100 %        |
| <b>TOTAL</b>        |          | <b>51</b> | <b>-</b>  | <b>17</b>           | <b>51</b>    | <b>0</b>           | <b>100 %</b> |
| Timah (PT M)        | Januari  | 4         | 30        | 10                  | 4            | 0                  | 100 %        |
|                     | Februari | 1         | 30        | 10                  | 1            | 0                  | 100 %        |
|                     | Maret    | -         | -         |                     | -            | -                  | -            |
|                     | April    | -         | -         |                     | -            | -                  | -            |
|                     | Mei      | -         | -         |                     | -            | -                  | -            |
| <b>TOTAL</b>        |          | <b>5</b>  | <b>-</b>  | <b>20</b>           | <b>5</b>     | <b>0</b>           | <b>100 %</b> |

Dari Tabel 6.8 dapat diketahui keseluruhan material penolong memiliki waktu lead time pemesanan 14 hari, sedangkan untuk bahan baku timah memiliki waktu pemesanan 30 hari. Total PO selama lima bulan adalah 328 PO dengan jumlah ketepatan waktu pengiriman sebesar 154 atau sebanyak 46.95 %. Performansi supplier yang cenderung buruk ( $< 50\%$ ) adalah supplier PT K untuk styorofoam; PT LJK, PT K, PT S untuk karton; dan PT L untuk stiker.

## B. Waktu Pemeriksaan Kualitas Bahan

Bahan baku yang diterima oleh supplier akan dilakukan pemeriksaan oleh bagian *quality control*. Hasil pemeriksaaan akan dicatat dan dilakukan pemenuhan administrasi lainnya. Pada proses inspeksi, mesin inspeksi yang digunakan adalah mesin Thermo Scientific ARL. ARL berfungsi untuk menganalisis kandungan logam pada timah dengan menggunakan *optical emission* dan *X-ray spectroscopy*. Waktu yang dibutuhkan untuk proses inspeksi adalah 3 menit setiap sample. Sedangkan waktu material menunggu hasil inspeksi keluar adalah 30 menit. Tabel 6.9 merupakan jumlah konsumsi pada aspek triple bottom line proses inspeksi bahan baku dan bahan penolong

Tabel 6.9 Konsumsi pada Aspek Triple Bottom Line Proses Inspeksi Bahan

| Jenis        | Jumlah         | Satuan         |
|--------------|----------------|----------------|
| Tenaga Kerja | 1              | Worker         |
| Waktu        | 3 menit/sample | Detik          |
| Energi       | 0.414          | Kwh            |
| Air          | 0              | Liter          |
| Material     | 0.5            | Kg             |
| Emisi        | 0              | 0              |
| Tanah        | 4              | M <sup>2</sup> |

Setelah material dinyatakan memenuhi spesifikasi maka material dikirim dan ditata pada gudang dengan menggunakan *forklift*. Pada proses pengiriman dan penataan pada gudang dibutuhkan waktu selama 30 menit. Performansi supplier dalam ketepatan memenuhi jumlah produk sesuai dengan permintaan adalah:

Tabel 6.10 Performansi Supplier Dalam Ketepatan Jumlah Kirim

| Jenis             | Bulan    | Jumlah PO | Jumlah Pesan Produk (unit) | Jumlah Produk Datang (unit) | PO Terpenuhi | PO tidak Terpenuhi | Persentase  |
|-------------------|----------|-----------|----------------------------|-----------------------------|--------------|--------------------|-------------|
| Styorofoam (PT K) | Januari  | 7         | 26.000                     | 26.000                      | 7            | 0                  | 100 %       |
|                   | Februari | 8         | 30.500                     | 30.500                      | 8            | 0                  | 100 %       |
|                   | Maret    | 14        | 64.000                     | 63.600                      | 13           | 1                  | 93 %        |
|                   | April    | 10        | 35.000                     | 35.000                      | 10           | 0                  | 100 %       |
|                   | Mei      | 13        | 60.000                     | 60.000                      | 13           | 0                  | 100 %       |
| <b>TOTAL</b>      |          | <b>52</b> | <b>215.500</b>             | <b>215.100</b>              | <b>51</b>    | <b>1</b>           | <b>98 %</b> |
| Styorofoam (PT M) | Januari  | 9         | 9.600                      | 10.600                      | 9            | 0                  | 100 %       |
|                   | Februari | 6         | 7.200                      | 7.200                       | 6            | 0                  | 100 %       |
|                   | Maret    | 12        | 19.400                     | 19.400                      | 12           | 0                  | 100 %       |
|                   | April    | 10        | 20.450                     | 18.450                      | 8            | 2                  | 80 %        |
|                   | Mei      | 11        | 18.800                     | 18.800                      | 11           | 0                  | 100 %       |
| <b>TOTAL</b>      |          | <b>48</b> | <b>75.450</b>              | <b>74.450</b>               | <b>46</b>    | <b>2</b>           | <b>96 %</b> |

Lanjutan Tabel 6.10 Performansi Supplier Dalam Ketepatan Jumlah Kirim

| Jenis                  | Bulan    | Jumlah PO | Jumlah Pesan Produk (unit) | Jumlah Produk Datang (unit) | PO Terpenuhi | PO tidak Terpenuhi | Persentase    |
|------------------------|----------|-----------|----------------------------|-----------------------------|--------------|--------------------|---------------|
| Karton<br>(PT LJM)     | Januari  | 7         | 11.200                     | 10.075                      | 5            | 2                  | 71 %          |
|                        | Februari | 13        | 39.000                     | 31.138                      | 10           | 3                  | 77 %          |
|                        | Maret    | 31        | 68.000                     | 67.706                      | 22           | 9                  | 71 %          |
|                        | April    | 17        | 25.600                     | 24.314                      | 13           | 4                  | 76 %          |
|                        | Mei      | 30        | 35.100                     | 36.233                      | 25           | 5                  | 83 %          |
| <b>TOTAL</b>           |          | <b>98</b> | <b>178.900</b>             | <b>169.466</b>              | <b>75</b>    | <b>23</b>          | <b>77 %</b>   |
| Karton<br>(PT P)       | Januari  | 2         | 6000                       | 6.465                       | 2            | 0                  | 100 %         |
|                        | Februari | -         | -                          | -                           | -            | -                  | -             |
|                        | Maret    | -         | -                          | -                           | -            | -                  | -             |
|                        | April    | -         | -                          | -                           | -            | -                  | -             |
|                        | Mei      | -         | -                          | -                           | -            | -                  | -             |
| <b>TOTAL</b>           |          | <b>2</b>  | <b>6000</b>                | <b>6.465</b>                | <b>2</b>     | <b>0</b>           | <b>100 %</b>  |
| Karton<br>(PT S)       | Januari  | 8         | 16.000                     | 15.970                      | 5            | 3                  | 100 %         |
|                        | Februari | 9         | 15.500                     | 14.875                      | 6            | 3                  | 100 %         |
|                        | Maret    | 11        | 21.000                     | 20.230                      | 4            | 7                  | 100 %         |
|                        | April    | 11        | 19.000                     | 18.475                      | 7            | 4                  | 100 %         |
|                        | Mei      | 8         | 19.000                     | 16.175                      | 1            | 7                  | 100 %         |
| <b>TOTAL</b>           |          | <b>47</b> | <b>90.500</b>              | <b>85.725</b>               | <b>23</b>    | <b>24</b>          | <b>49 %</b>   |
| Stiker<br>(PT L)       | Januari  | 8         | 77.500                     | 80.838                      | 8            | 0                  | 100 %         |
|                        | Februari | 4         | 50.000                     | 52.450                      | 4            | 0                  | 100 %         |
|                        | Maret    | 5         | 46.000                     | 48.163                      | 5            | 0                  | 100 %         |
|                        | April    | 8         | 105.000                    | 109.334                     | 8            | 0                  | 100 %         |
|                        | Mei      | 10        | 175.000                    | 182.480                     | 10           | 0                  | 100 %         |
| <b>TOTAL</b>           |          | <b>35</b> | <b>453.500</b>             | <b>473.265</b>              | <b>35</b>    | <b>0</b>           | <b>100 %</b>  |
| Asam Sulfat<br>(PT LK) | Januari  | 14        | 87.000                     | 87.000                      | 14           | 0                  | 100 %         |
|                        | Februari | 8         | 48.000                     | 48.000                      | 8            | 0                  | 100 %         |
|                        | Maret    | 15        | 94.000                     | 94.000                      | 15           | 0                  | 100 %         |
|                        | April    | 9         | 54.000                     | 54.000                      | 9            | 0                  | 100 %         |
|                        | Mei      | 5         | 26.000                     | 26.000                      | 5            | 0                  | 100 %         |
| <b>TOTAL</b>           |          | <b>51</b> | <b>309.000</b>             | <b>309.000</b>              | <b>51</b>    | <b>0</b>           | <b>100 %</b>  |
| Timah<br>(PT M)        | Januari  | 4         | 70.000                     | 71.833                      | 3            | 1                  | 75 %          |
|                        | Februari | 1         | 6.000                      | 6.157                       | 1            | 0                  | 100 %         |
|                        | Maret    | -         | -                          | -                           | -            | -                  | -             |
|                        | April    | -         | -                          | -                           | -            | -                  | -             |
|                        | Mei      | -         | -                          | -                           | -            | -                  | -             |
| <b>TOTAL</b>           |          | <b>5</b>  | <b>76.000</b>              | <b>77.990</b>               | <b>4</b>     | <b>1</b>           | <b>80 %</b>   |
| <b>GRAND TOTAL</b>     |          |           | <b>1.404.85</b>            | <b>1.411.461</b>            | <b>286</b>   | <b>328</b>         | <b>87.2 %</b> |

Dari Tabel 6.10 dapat diketahui bahwa rata-rata keseluruhan supplier mampu memenuhi jumlah pesanan dengan baik kecuali PT SRC memiliki performansi kurang dari 50 dalam pengiriman karton.

#### C. Waktu Lama waktu Penyimpanan pada gudang

Dari Tabel 6.10 dapat diketahui untuk material timah tidak dilakukan setiap bulan. Pada januari PT M memiliki jumlah produksi yang tinggi sehingga



dilakukan proses pengiriman sebanyak 4 kali. Sedangkan pada bulan februari dilakukan proses pengiriman sekali karena jumlah produksi menurun. Stock pembelian pada bulan januari dan februari dapat digunakan hingga bulan juni. Sehingga lama simpan untuk timah adalah 4 bulan. Rata-rata jumlah konsumsi timah setiap hari nya adalah 10.000 kg. satu unit timah memiliki berat 25 kg. Sehingga total pembelian pada periode januari dan februari adalah 1.900.000 kg atau 1900 ton. Jumlah simpanan ini dapat digunakan untuk 6 bulan. Apabila terjadi stock out pada timah maka PT Z melakukan peleburan Pb-alloy menggunakan tungku peleburan dengan menggunakan bahan bakar gas. Dari tungku peleburan, Pb-alloy langsung dipompa ke mesin cetak, digunakan pendingin air dengan cara di spray ke cetakan pb-alloy. Proses peleburan pada tungku ini dilakukan untuk memisahkan bahan – bahan ikutan pada Pb-alloy, dimana pada phase cair perbedaan densitas antara Pb dengan bahan ikutan lainnya akan terjadi pemisahan dan dapat dipisah secara manual. Bahan ikutan tersebut dipisah sebagai kerak atau slag.

#### **6.4.1.2 Tingkat Persediaan Tahap Pra Manufaktur PT Z**

Pada tahap pra manufaktur tidak terdapat material cacat akibat proses penyimpanan. Material Timah tidak memerlukan suatu aktivitas perawatan khusus. Sedangkan pada material penolong, PT Z telah memiliki manajemen yang baik dalam proses perawatan dan penjagaan material. Sehingga menurut manager RMW tidak terdapat material cacat yang diakibatkan oleh proses penyimpanan.

#### **6.4.1.3 Kualitas Tahap Pra Manufaktur PT Z**

Berikut ini merupakan hasil pemeriksaan kualitas pada tahap pra manufaktur pada PT Z

Tabel 6.11 Hasil Kualitas Proses Inspeksi Bahan Baku

| Jenis                   | Bulan    | Jumlah PO | Jumlah Pesan Produk (unit) | Jumlah Produk Datang (unit) | Rusak (unit) | Persentase |
|-------------------------|----------|-----------|----------------------------|-----------------------------|--------------|------------|
| Styorofoam (PT Kemasan) | Januari  | 7         | 26.000                     | 26.000                      | 0            | 100 %      |
|                         | Februari | 8         | 30.500                     | 30.500                      | 0            | 100 %      |
|                         | Maret    | 14        | 64.000                     | 63.600                      | 0            | 100 %      |
|                         | April    | 10        | 35.000                     | 35.000                      | 0            | 100 %      |
|                         | Mei      | 13        | 60.000                     | 60.000                      | 0            | 100 %      |

Lanjutan Tabel 6.11 Hasil Kualitas Proses Inspeksi Bahan Baku

| Jenis                        | Bulan    | Jumlah PO | Jumlah Pesan Produk (unit) | Jumlah Produk Datang (unit) | Rusak (unit) | Persentase |
|------------------------------|----------|-----------|----------------------------|-----------------------------|--------------|------------|
| Styorofoam (PT Menara)       | Januari  | 9         | 9.600                      | 10.600                      | 0            | 100 %      |
|                              | Februari | 6         | 7.200                      | 7.200                       | 0            | 100 %      |
|                              | Maret    | 12        | 19.400                     | 19.400                      | 0            | 100 %      |
|                              | April    | 10        | 20.450                     | 18.450                      | 0            | 100 %      |
|                              | Mei      | 11        | 18.800                     | 18.800                      | 0            | 100 %      |
| Karton (PT langgeng)         | Januari  | 7         | 11.200                     | 10.075                      | 0            | 100 %      |
|                              | Februari | 13        | 39.000                     | 31.138                      | 0            | 100 %      |
|                              | Maret    | 31        | 68.000                     | 67.706                      | 0            | 100 %      |
|                              | April    | 17        | 25.600                     | 24.314                      | 0            | 100 %      |
|                              | Mei      | 30        | 35.100                     | 36.233                      | 0            | 100 %      |
| Karton (PT Pura)             | Januari  | 2         | 6.000                      | 6.465                       | 0            | 100 %      |
|                              | Februari | -         | -                          | -                           | -            | -          |
|                              | Maret    | -         | -                          | -                           | -            | -          |
|                              | April    | -         | -                          | -                           | -            | -          |
|                              | Mei      | -         | -                          | -                           | -            | -          |
| Karton (PT SRC)              | Januari  | 8         | 16.000                     | 15.970                      | 0            | 100 %      |
|                              | Februari | 9         | 15.500                     | 14.875                      | 0            | 100 %      |
|                              | Maret    | 11        | 21.000                     | 20.230                      | 0            | 100 %      |
|                              | April    | 11        | 19.000                     | 18.475                      | 0            | 100 %      |
|                              | Mei      | 8         | 19.000                     | 16.175                      | 0            | 100 %      |
| Stiker (PT labek Jaya)       | Januari  | 8         | 77.500                     | 80.838                      | 0            | 100 %      |
|                              | Februari | 4         | 50.000                     | 52.450                      | 0            | 100 %      |
|                              | Maret    | 5         | 46.000                     | 48.163                      | 0            | 100 %      |
|                              | April    | 8         | 105.000                    | 109.334                     | 0            | 100 %      |
|                              | Mei      | 10        | 175.000                    | 182.480                     | 0            | 100 %      |
| Asam Sulfat (PT Liku Telaga) | Januari  | 14        | 87.000                     | 87.000                      | 0            | 100 %      |
|                              | Februari | 8         | 48.000                     | 48.000                      | 0            | 100 %      |
|                              | Maret    | 15        | 94.000                     | 94.000                      | 0            | 100 %      |
|                              | April    | 9         | 54.000                     | 54.000                      | 0            | 100 %      |
|                              | Mei      | 5         | 26.000                     | 26.000                      | 0            | 100 %      |
| Timah (PT Muhtomas)          | Januari  | 4         | 70.000                     | 71.833                      | 0            | 100 %      |
|                              | Februari | 1         | 6.000                      | 6.157                       | 0            | 100 %      |
|                              | Maret    | -         | -                          | -                           | -            | -          |
|                              | April    | -         | -                          | -                           | -            | -          |
|                              | Mei      | -         | -                          | -                           | -            | -          |
|                              |          |           | 1.404.85                   | 1.411.461                   | 0            | 100 %      |
| TOTAL                        |          |           |                            |                             |              |            |

Dari tabel 6.11 Dapat diketahui bahwa keseluruhan bahan baku dan bahan material yang dikirimkan telah memenuhi standar kualitas yang ditentukan oleh *quality control* PT Z.

#### 6.4.1.4 Konsumsi Material Tahap Pra Manufaktur PT Z

Pada tahap pra manufaktur dilakukan proses inspeksi kualitas pada setiap bahan baku yang datang. Khusus untuk inspeksi timah yang datang dari supplier

maka dilakukan pengambilan sampel sebanyak 0.5 kg. Namun untuk proses penyimpanan material pada gudang tidak terdapat konsumsi material yang digunakan untuk menjaga kualitas bahan dan material.

#### 6.4.1.5 Konsumsi Air Tahap Pra Manufaktur PT Z

Pada tahap pra manufaktur tidak terdapat konsumsi air untuk menjaga kualitas bahan baku dan material penolong.

#### 6.4.1.6 Konsumsi Energi Tahap Pra Manufaktur PT Z

Konsumsi energi pada tahap manufaktur adalah pada bahan bakar yang digunakan oleh *forklift* ketika memindahkan dan menata bahan baku serta material pada gudang. *Forklift* pada gudang berjumlah 1 unit dengan menggunakan bahan bakar solar. Jumlah bahan bakar untuk *forklift* yang digunakan setiap bulan adalah:

Tabel 6.12 Jumlah Konsumsi Bahan Bakar *Forklift* PT Z (liter)

| Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Rata-rata |
|---------|----------|-------|-------|-----|------|-----------|
| 300     | 275      | 287.5 | 262.5 | 310 | 325  | 293.33 L  |

#### 6.4.1.7 Emisi Tahap Pra Manufaktur PT Z

Emisi yang dihasilkan dari kegiatan pada tahap pra manufacturing adalah penggunaan bahan bakar solar untuk *forklift* pada gudang. Berikut ini merupakan pengukuran emisi bahan bakar solar pada *forklift* dengan menggunakan tier 1:

- 1) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk solar adalah  $36 \times 10^{-6}$  TJ/lite (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

$$\text{konsumsi energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (sat. fisik)} \times \text{nilai kalor} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi (perbulan)} &= 293.33 \text{ L} \times 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 10559.88 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

2) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar solar adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 74100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 3.9 \text{ kg CH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 3.9 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{TJ}$

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

Dimana a adalah jenis bahan bakar (premium, solar)

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (perbulan)} = 10559.88 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 74100 = 782.487 \text{ Kg CO}_2$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (perbulan)} = 10559.88 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.9 = 0.04 \text{ Kg CH}_4$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O (perbulan)} = 10559.88 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.9 = 0.04 \text{ Kg N}_2\text{O}$$

#### 6.4.1.8 Tanah Tahap Pra Manufaktur PT Z

Gudang yang digunakan untuk menyimpan bahan baku timah serta bahan penolong lainnya memiliki luas area 3.456 m<sup>2</sup>.

Tabel 6.13 Tanah Tahap Pra Manufaktur

| No                            | Jenis Pemanfaatan   | m <sup>2</sup> |
|-------------------------------|---------------------|----------------|
| 1                             | <i>Lead Storage</i> | 288            |
| 2                             | Raw Material Area   | 3.168          |
| <b>Total Penggunaan Lahan</b> |                     | <b>3.456</b>   |

#### 6.4.1.9 Pengelolaan Limbah Pra Manufaktur PT Z

Berikut ini merupakan limbah yang dihasilkan dari proses inspeksi bahan baku timah pada laboratorium tahap pra manufaktur.

Tabel 6.14 Limbah Tahap Pra Manufacturing PT Z

| Bulan    | Jumlah limbah <i>Lead Scrap</i> (kg) | Jumlah pengelolaan limbah (kg) | Lama Waktu penyimpanan pada TPS |
|----------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Januari  | 1.430                                | 1.430                          | 10 hari                         |
| Februari | -                                    | -                              | -                               |
| Maret    | -                                    | -                              | -                               |
| April    | 1.370                                | 1.370                          | 18 hari                         |
| Mei      | 2.118,5                              | 2.118,5                        | 21 hari                         |
| Juni     | -                                    | -                              | -                               |
| Total    | 4918.5                               | 4918.5                         | -                               |

Rata-rata jumlah limbah pra manufaktur adalah 819,75 kg perbulan. Standar waktu penyimpanan pada TPS adalah 90 hari, sehingga pengelolaan limbah sudah baik karena tidak ada yang melebihi batas waktu penyimpanan limbah yang ditentukan.

#### 6.4.1.10 Sosial Tahap Pra Manufaktur PT Z

PTZ memiliki 10 pekerja yang bertugas untuk melakukan pencatatan penerimaan dan pengambilan material kepada lantai produksi, mengatur penataan pada gudang, serta menjaga kualitas material ketika disimpan. Kondisi sosial pada tahap pra manufaktur yang terdiri dari kepuasan, kesehatan, keselamatan, dan pengembangan diri pekerja adalah sebagai berikut:

##### 1. Kepuasan

Tabel 6.15 Kepuasan Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan    | Jumlah | Persentase |
|---------------|--------|------------|
| Jml Pegawai   | 10     | 100 %      |
| Keluar        | 0      |            |
| Total pegawai | 10     |            |

Kepuasan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kepuasan pekerja} &= \left( \frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( \frac{10}{10} \right) \times 100 \% \\
 &= 100 \%
 \end{aligned}$$

##### 2. Kesehatan

Tabel 6.16 Kesehatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan             | Jumlah   | Persentase |
|------------------------|----------|------------|
| Jml Pegawai            | 10       | 95 %       |
| Jumlah hari Izin sakit | 133      |            |
| Jumlah hari kerja      | 260 hari |            |

Kesehatan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{kesehatan pekerja} &= \left( 1 - \frac{\text{jumlah hari pegawai izin sakit}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( 1 - \frac{133}{10 \times 260} \right) \times 100 \% \\
 &= 94.88 = 95 \%
 \end{aligned}$$

### 3. Keselamatan

Tabel 6.17 Keselamatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan               | Jumlah   | Persentase |
|--------------------------|----------|------------|
| Jml Pegawai              | 10       | 100 %      |
| Total Kecelakaan (orang) | 0        |            |
| Jumlah hari              | 206 hari |            |

Keselamatan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Keselamatan pekerja} &= \left(1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(1 - \frac{0}{10 \times 260}\right) \times 100 \% \\
 &= 100 \%
 \end{aligned}$$

### 4. Pengembangan Diri

Tabel 4.18 Pengembanagn Diri Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan           | Jumlah | Efisiensi |
|----------------------|--------|-----------|
| Jml Pegawai Training | 0      | 0 %       |
| Total pegawai        | 10     |           |

Pengembangan diri pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase pengembangan diri} &= \left(\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{Total pegawai}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(\frac{0}{10}\right) \times 100 \%
 \end{aligned}$$

## 6.4.2 TAHAP MANUFAKTUR PT Z

### 6.4.2.1 Pengukuran Waktu Tahap Manufaktur PT Z

Berikut ini merupakan waktu yang dibutuhkan untuk proses produksi Aki konvensional PT Z

Tabel 6.19 Mesin dan Waktu Produksi Aki Konvensional

| No. | Proses                           | Alat/mesin                  | Waktu           |
|-----|----------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 1.  | <i>Casting</i>                   | <i>Grid Casting Machine</i> | 0.8 detik/grid  |
| 2.  | Produksi 1 pallet                | Pallet                      | 35 menit/pallet |
| 3.  | Pendinginan dan penyimpanan      | -                           | 1 hari          |
| 4.  | Menunggu diproses <i>casting</i> |                             | 2 hari          |
| 5.  | <i>Pasting</i>                   | <i>Pasting machine</i>      | 0.5 detik/plate |
| 6.  | Produksi 1 pallet (6 layer)      | Pallet                      | 25 menit/pallet |
| 7.  | Transfer ke <i>curing</i>        | <i>Forklift</i>             | 43.25 detik     |

Lanjutan Tabel 6.19 Mesin dan Waktu Produksi Aki Konvensional

| No. | Proses                                    | Alat/mesin                           | Waktu            |
|-----|---|--------------------------------------|------------------|
| 8.  | <i>Curing</i>                             | Drying oven                          | 20 jam           |
| 9.  | Pendinginan dan penyimpanan               | -                                    | 5 hari           |
| 10. | Menunggu proses formasi                   |                                      | 2 hari           |
| 11. | Formasi                                   | Formasi room                         | 23.5 jam         |
| 12. | Transfer menuju pencucian plate           | Manual                               | 180.25 detk      |
| 13. | Pencucian Plate                           | Washing machine                      | 50 menit         |
| 14. | Transfer menuju oven                      | Crane                                | 32.21 detik      |
| 15. | Oven                                      | Oven plate machine                   | 165 menit        |
| 16. | Pendinginan                               | -                                    | 20 menit         |
| 17. | Tes laboratorium                          | Laboratorium                         | 1 jam            |
| 18. | Menuju Area 2                             | <i>Forklift</i>                      | 3.21 menit       |
| 19. | <i>Cutting</i>                            | <i>Cutting</i> Plate Machine         | 9.63 detik       |
| 20. | <i>Brushing</i>                           | <i>Brushing</i> Automotive Machine   | 13.51 detik      |
| 21. | Menuju proses <i>stacking</i>             | Pallet                               | 21 menit         |
| 22. | <i>Stacking</i>                           | <i>Stacking</i> Machine              | 5.43 detik       |
| 23. | Produksi 1 pallet                         | Pallet                               | 8 menit          |
| 24. | Menuju pengelasan ( <i>cell burning</i> ) | <i>Forklift</i>                      | 22 detik         |
| 25. | Pengelasan 6 rangkaian                    | Las machine                          | 2 menit 54 detik |
| 26. | Menuju <i>boxing</i>                      | Manual                               | 10 detik         |
| 27. | <i>Boxing</i>                             | Manual                               | 69.5 detik       |
| 28. | Menuju tes                                | Conveyor                             | 8 detik          |
| 29. | Tes <i>polarity</i>                       | <i>Polarity</i> & short test Machine | 3 detik          |
| 30. | Transfer ke short tes 1                   | Conveyor                             | 4 dtk            |
| 31. | Short test 1                              | Short tes AM machine                 | 6 detik          |
| 32. | Transfer ke pengelasan                    | Conveyor                             | 3.9 detik        |
| 33. | Head seal (pengelasan)                    | Las machine                          | 58.93 detik      |
| 34. | Tranfer short tes 2                       | Conveyor                             | 5.64 detik       |
| 35. | Short Tes 2                               | Short tes AM machine                 | 13.63 detik      |
| 36. | Transfer ke tes kekuatan las              | Conveyor                             | 11.71 detik      |
| 37. | Tes kekuatan las                          |                                      | 8.46             |
| 38. | Transfer ke proses covering               | Conveyor                             | 7.07 detik       |
| 39. | Covering                                  |                                      | 19.50 detik      |
| 40. | Pengelasan                                | Las Machine                          | 10.96 detik      |
| 41. | Transfer Tes kebocoran                    | Conveyor                             | 2.58 detik       |
| 43. | Tes kebocoran                             |                                      | 25.68 detik      |
| 44. | Transfer penomoran tanggal                | Conveyor                             | 3.81 detik       |
| 45. | Labelling & Penomoran                     | Date Coding                          | 2 detik          |
| 46. | Tranfer packaging alumunium               | Conveyor                             | 10.92 detik      |
| 47. | Packaging alumunium dan pemanasan         | Alumunium Foil machine               | 24.27 detik      |
| 48. | Finishing (pembersihan)                   | Manual                               | 17.20 detik      |
| 49. | Packaging karton                          | Manual                               | 20 detik         |
| 50. | Menunggu 1 layer (50 aki)                 | Pallet                               | 12 menit         |
| 51. | Menuju gudang jadi                        | <i>Forklift</i>                      | 4 menit          |

#### 6.4.2.2 Tingkat Persediaan Tahap Manufaktur PT Z

Berikut ini merupakan jumlah WIP pada Bulan Januari hingga Juli 2017

Tabel 6.20 WIP Tahap Manufaktur PT Z

|                 | WIP Awal<br>(plate) | Jumlah Material<br>Masuk (plate) | Jumlah transfer<br>gudang (plate) | Jumlah Produk<br>Cacat (plate) | Jumlah WIP<br>(plate) |
|-----------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| <b>Januari</b>  | 1.514.217           | 3.453.551                        | 4.142.229                         | 50.940                         | 774.599               |
| <b>Februari</b> | 774.755             | 3.566.417                        | 3.161.307                         | 16.686                         | 1.163.179             |
| <b>Maret</b>    | 1.162.297           | 4.946.637                        | 5.333.275                         | 9.912                          | 765.747               |
| <b>April</b>    | 762.965             | 4.479.539                        | 3.603.602                         | 9.156                          | 629.746               |
| <b>Mei</b>      | 680.620             | 3.527.116                        | 3.320.467                         | 35.888                         | 851.381               |
| <b>Juni</b>     | 858.553             | 2.600.670                        | 2.895.173                         | 15.894                         | 548.155               |
| <b>Juli</b>     | 548.167             | 2.870.832                        | 2.690.092                         | 21.672                         | 707.235               |
| <b>Total</b>    |                     | 25.444.762                       | 25.146.145                        | 160.148                        | 5.440.042             |

Produk WIP yang dihasilkan dari kegiatan produksi adalah 5.440.042 plate setiap bulan.

#### 6.4.2.3 Kualitas Tahap Manufaktur PT Z

Pada rantai produksi, PT Z melakukan proses inspeksi pada setiap proses. Hal ini bertujuan untuk menjaga kualitas produk mampu memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Berikut ini merupakan hasil pemeriksaan (inspeksi) pada setiap proses.

Tabel 6.21 Kualitas Tahap Manufaktur PT Z

| Proses         | Bulan        | Total<br>Produksi | Jumlah<br>Defect | % produk<br>baik | Proses          | Bulan        | Total<br>Produksi | Jumlah<br>Defect | % produk<br>baik |
|----------------|--------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------|------------------|------------------|
| <b>Casting</b> | Januari      | 872200            | 4450             | 99.5             | <b>Brushing</b> | Januari      | 2010345           | 10231            | 99.5             |
|                | Februari     | 1169500           | 20930            | 98.2             |                 | Februari     | 2051760           | 13248            | 99.4             |
|                | Maret        | 1597706           | 12650            | 99.2             |                 | Maret        | 2558314           | 17274            | 99.3             |
|                | April        | 1976515           | 0                | 100.0            |                 | April        | 1882151           | 20374            | 98.9             |
|                | Mei          | 2219050           | 0                | 100.0            |                 | Mei          | 1939737           | 30145            | 98.4             |
|                | Juni         | 409850            | 0                | 100.0            |                 | Juni         | 1274993           | 13969            | 98.9             |
|                | <b>Total</b> | <b>8244821</b>    | <b>38030</b>     | <b>99.5</b>      |                 | <b>Total</b> | <b>9706955</b>    | <b>95010</b>     | <b>99.0</b>      |
| <b>Pasting</b> | Januari      | 1933988           | 36619            | 98.1             | <b>Stacking</b> | Januari      | 3703530           | 55545            | 98.5             |
|                | Februari     | 2105066           | 47088            | 97.8             |                 | Februari     | 3518830           | 66946            | 98.1             |
|                | Maret        | 3179031           | 69186            | 97.8             |                 | Maret        | 4901273           | 81164            | 98.3             |
|                | April        | 2027547           | 58067            | 97.1             |                 | April        | 3473176           | 92460            | 97.3             |
|                | Mei          | 2140646           | 51991            | 97.6             |                 | Mei          | 3594745           | 105898           | 97.1             |
|                | Juni         | 1430482           | 38863            | 97.3             |                 | Juni         | 2529790           | 61326            | 97.6             |
|                | <b>Total</b> | <b>12816760</b>   | <b>301814</b>    | <b>97.6</b>      |                 | <b>Total</b> | <b>21721344</b>   | <b>463339</b>    | <b>97.9</b>      |



Lanjutan Tabel 6.21 Kualitas Tahap Manufaktur PT Z

| Proses      | Bulan        | Total Produksi  | Jumlah Defect | % produk baik | Proses         | Bulan        | Total Produksi | Jumlah Defect | % produk baik |
|-------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|--------------|----------------|---------------|---------------|
| Formasi     | Januari      | 1051005         | 7793          | 99.3          | Burning Manual | Januari      | 111276         | 1588          | 98.6          |
|             | Februari     | 1078819         | 10674         | 99.0          |                | Februari     | 195974         | 3269          | 98.3          |
|             | Maret        | 664075          | 6671          | 99.0          |                | Maret        | 183104         | 2218          | 98.8          |
|             | April        | 1092914         | 13179         | 98.8          |                | April        | 157745         | 1771          | 98.9          |
|             | Mei          | 1870107         | 25979         | 98.6          |                | Mei          | 246937         | 2344          | 99.1          |
|             | Juni         | 769544          | 8985          | 98.8          |                | Juni         | 159492         | 1538          | 99.0          |
|             | <b>Total</b> | <b>6526464</b>  | <b>73281</b>  | <b>98.9</b>   |                | <b>Total</b> | <b>1054528</b> | <b>12728</b>  | <b>98.8</b>   |
| Drying Oven | Januari      | 1051005         | 0             | 100.0         | Welding        | Januari      | 43283          | 2425          | 94.4          |
|             | Februari     | 1078819         | 0             | 100.0         |                | Februari     | 42204          | 1067          | 97.5          |
|             | Maret        | 664075          | 0             | 100.0         |                | Maret        | 62272          | 2020          | 96.8          |
|             | April        | 1092914         | 0             | 100.0         |                | April        | 46312          | 2006          | 95.7          |
|             | Mei          | 1870107         | 0             | 100.0         |                | Mei          | 45045          | 1385          | 96.9          |
|             | Juni         | 769544          | 0             | 100.0         |                | Juni         | 35208          | 1004          | 97.1          |
|             | <b>Total</b> | <b>6526464</b>  | <b>0</b>      | <b>100.0</b>  |                | <b>Total</b> | <b>274324</b>  | <b>9907</b>   | <b>96.4</b>   |
| Cutting     | Januari      | 2736988         | 9410          | 99.7          | Head Seal      | Januari      | 47053          | 323           | 99.3          |
|             | Februari     | 3368890         | 11764         | 99.7          |                | Februari     | 43312          | 364           | 99.2          |
|             | Maret        | 3476784         | 13078         | 99.6          |                | Maret        | 69262          | 468           | 99.3          |
|             | April        | 3097490         | 19548         | 99.4          |                | April        | 78698          | 307           | 99.6          |
|             | Mei          | 3774188         | 30196         | 99.2          |                | Mei          | 47127          | 395           | 99.2          |
|             | Juni         | 2346716         | 13811         | 99.4          |                | Juni         | 31731          | 100           | 99.7          |
|             | <b>Total</b> | <b>18801056</b> | <b>97807</b>  | <b>99.5</b>   |                | <b>Total</b> | <b>317183</b>  | <b>1957</b>   | <b>99.4</b>   |

Total keseluruhan produk jadi pada setiap proses adalah 85989899 unit produk dengan jumlah cacat 1093873 unit atau 98.72 %

#### 6.4.2.4 Konsumsi Material Tahap Manufaktur PT Z

Berikut ini merupakan rangkuman jumlah konsumsi material pada proses produksi aki. Konsumsi material dihitung dengan mengukur berat awal dan berat keluar dari suatu proses.

Tabel 6.22 Konsumsi Material Tahap Manufaktur PT Z

| Proses             | Berat Awal (g/unit) | Berat Masuk (gr/unit) | Berat Keluar (g/unit) | Loss (g) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <b>Casting</b>     | 0                   | 92.4 gr (timah)       | 89 gr                 | 5.42     |
| <b>Pasting</b>     | 89                  | 144.85 (pasta)        | 230 gr (-)            | 3.85     |
|                    |                     | 170.26 (pasta)        | 255 gr (+)            | 4.26     |
| <b>Formasi</b>     | 230 gr (-)          | -                     | 230 gr (-)            | -        |
|                    | 255 gr (+)          |                       | 255 gr (+)            |          |
| <b>Drying Oven</b> | 230 gr (-)          | -                     | 230 gr (-)            | -        |
|                    | 255 gr (+)          |                       | 255 gr (+)            |          |

Lanjutan Tabel 6.22 Konsumsi Material Tahap Manufaktur PT Z

| Proses                        | Berat Awal<br>(g/unit)           | Berat Masuk<br>(gr/unit)             | Berat Keluar<br>(g/unit)           | Loss (g)     |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| <i>Cutting</i>                | 230 gr (-)<br>255 gr (+)         | -                                    | 115 gr (-)<br>127.5 gr (+)         | 0.37<br>0.41 |
| <i>Brushing</i>               | 115 gr (-)<br>127.5 gr (+)       | -                                    | 112 gr (-)<br>125 gr (+)           | 3<br>2.5     |
| <i>Stacking</i>               | 112 gr (-) x 6<br>125 gr (+) x 6 | 30 gr x 11 (separator)               | 672 gr (-)<br>750 gr (+)<br>330 gr |              |
| <i>Cell burning</i>           | 1752 gr x 6 cell                 | 32 gr x 2 (connector)<br>20 gr (las) | 10596 gr                           |              |
| <i>Boxing</i>                 | 10596 gr                         | 830 gr (container)                   | 11426 gr                           |              |
| <i>Covering &amp; Welding</i> | 11426 gr                         | 350 gr (cover)<br>5 gr (las)         | 11781 gr                           |              |
| <b>Total</b>                  |                                  |                                      | 11781 gr                           | 19.81 gr     |

Dari Tabel 6.20 diketahui bahwa jumlah material yang terbuang ketika produksi adalah 19.81 gr/unit atau 0.17 %.

#### 6.4.2.5 Konsumsi Air Tahap Manufaktur PT Z

Kebutuhan air bersih untuk operasional PT Z dipenuhi dari air sumur yang telah ditampung dalam tandon air dan air TDS yang didapatkan dari supplier air PT T Air sumur digunakan untuk proses produksi dan kebutuhan pekerja (domestik). Proses produksi yang menggunakan air sumur adalah pencucian plate pada formasi. Sedangkan air TDS yang digunakan untuk proses produksi aki adalah pada proses *pasting* dan *wetcharge* (formasi).

Tabel 6.23 Konsumsi Air

| Jenis Kegiatan             | Asal  | Jumlah Kebutuhan (L) | Jumlah Penggunaan (L) | Loses (L)    | Penanganan Limbah |
|----------------------------|-------|----------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| Proses pencucian (formasi) | Sumur | 34.650               | 34.650                | 34.650       | IPAL              |
| Proses <i>Pasting</i>      | TDS   | 2.000                | 2.500                 | 500          | IPAL              |
| <i>Wetcharge</i> (formasi) | TDS   | 2.500                | 2.520                 | 20           | IPAL              |
| <b>TOTAL</b>               |       | <b>39159</b>         | <b>39670</b>          | <b>35170</b> |                   |

#### 6.4.2.6 Konsumsi Energi Tahap Manufaktur PT Z

Pada proses produksi terdapat tiga jenis energi yang digunakan yaitu energi listrik untuk kebutuhan listrik mesin, energi gas untuk kebutuhan gas mesin, dan

kebutuhan bahan bakar solar untuk *forklift*. Berikut ini merupakan jumlah konsumsi energi pada setiap jenis energi.

Tabel 6.24 Penggunaan Energi Listrik Tahap Manufaktur

| Jenis Energi | Satuan         | Pemakaian Per Bulan |           |           |           |           |           | Rata-rata |
|--------------|----------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|              |                | Januari             | Februari  | Maret     | April     | Mei       | Juni      |           |
| Listrik PLN  | Kwh            | 48.900              | 107.800   | 184.000   | 304.800   | 458.600   | 726.900   | 305.167   |
| Gas Negara   | m <sup>3</sup> | 36.044,62           | 49.031,25 | 55.018,02 | 46.483,02 | 54.783,30 | 48.272,04 | 48.272,04 |
| Solar        | Liter          | 600                 | 550       | 575       | 525       | 620       | 650       | 587       |

#### 6.4.2.7 Emisi Tahap Manufaktur PT Z

Emisi yang dihasilkan dari tahap manufaktur adalah pada konsumsi gas untuk mesin dan solar untuk *forklift*. Berikut ini merupakan pengukuran emisi penggunaan gas pada kegiatan produksi dengan menggunakan tier 1:

- 1) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk solar adalah  $38.5 \times 10^{-6} \text{ TJ/Nm}^3$  (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

$$\text{konsumsi energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (sat. fisik)} \times \text{nilai kalor} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi gas (perbulan)} &= 48272.04 \text{ m}^3 \times 38.5 \times 10^{-6} \text{ TJ/m}^3 \\ &= 1.86 \text{ TJ} \end{aligned}$$

- 2) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar solar adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 56100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 1 \text{ kg CH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 0.1 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{TJ}$

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

Dimana a adalah jenis bahan bakar (premium, solar)

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (perbulan)} = 1.86 \text{ TJ} \times 56100 = 104346 \text{ Kg CO}_2$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (perbulan)} = 1.86 \text{ TJ} \times 1 = 1.86 \text{ Kg CH}_4$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} \text{ (perbulan)} = 1.86 \text{ TJ} \times 0.1 = 0.186 \text{ Kg N}_2\text{O}$$

Berikut ini merupakan pengukuran emisi bahan bakar solar pada *forklift* dengan menggunakan tier 1:

1) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk solar adalah  $36 \times 10^{-6}$  TJ/lite (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

$$\text{konsumsi energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (sat. fisik)} \times \text{nilai kalor} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi (perbulan)} &= 587 \text{ L} \times 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 21132 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

2) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar solar adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 74100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 3.9 \text{ kg CH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 3.9 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{TJ}$

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

Dimana a adalah jenis bahan bakar (premium, solar)

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (perbulan)} = 21132 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 74100 = 1565.88 \text{ Kg CO}_2$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (perbulan)} = 21322 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.9 = 0.08 \text{ Kg CH}_4$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} \text{ (perbulan)} = 21322 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.9 = 0.08 \text{ Kg N}_2\text{O}$$

#### 6.4.2.8 Tanah Tahap Manufaktur PT Z

Tanah yang digunakan untuk proses produksi adalah sebagai berikut:

Tabel 6.25 Pemanfaatan Area Tanah PT Z

| No                | Jenis Pemanfaatan      | Luas Area      |     |
|-------------------|------------------------|----------------|-----|
|                   |                        | m <sup>2</sup> | %   |
| A. Lahan Tertutup |                        |                |     |
| 1                 | Production Area 1      | 4.608          | 27% |
| 2                 | Production Area 2      | 2.952          | 17% |
| 3                 | Rectifier              | 280            | 2%  |
| 4                 | Injection              | 1.296          | 8%  |
| 5                 | Lead Sheet Caster      | 1.296          | 8%  |
| 6                 | Maintenance + Workshop | 180            | 1%  |

Lanjutan Tabel 6.25 Pemanfaatan Area Tanah PT Z

| No                            | Jenis Pemanfaatan | Luas Area      |              |
|-------------------------------|-------------------|----------------|--------------|
|                               |                   | m <sup>2</sup> | %            |
| 7                             | Power House       | 92             | 5%           |
| 8                             | SPC               | 180            | 1%           |
| 9                             | WWT               | 144            | 1%           |
| 10                            | RTH               | 5.036          | 30%          |
| <b>Total Penggunaan Lahan</b> |                   | <b>16.892</b>  | <b>100 %</b> |

#### 6.4.2.9 Pengelolaan Limbah Tahap Manufaktur PT Z

Limbah yang dihasilkan PT Z pada tahap manufaktur dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu:

##### 1. Limbah Padat *Non* LB3

- Limbah Padat wadah aki reject dengan kapasitas rata – rata 43 unit/bulan.
- Limbah padat domestik karyawan rata – rata 2 m<sup>3</sup>/hari

##### 2. Air Limbah

- Air limbah yang berasal dari kegiatan buangan sebagian air perendaman plat, buangan sebagian air pendingin mesin, pencucian plat setelah unit formasi, dan backwash Instalasi Pengolahan Air Bersih (Proses Demineralisasi Air) yang dilakukan 3 hari sekali, yang diolah pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan proses fisika kimia (netralisasi, koagulasi – flokulasi dan pengendapan) dengan debit rata- rata 75 m<sup>3</sup>/hari
- Air limbah domestik karyawan yang dikelola untuk black water (kegiatan kakus) pada tangki septik dan grey water (kegiatan mandi, cuci dan kakus) langsung dialirkan ke saluran umum, kapasitas air limbah domestik rata – rata 25 m<sup>3</sup>/hari

##### 3. Emisi Gas Buang

- Emisi gas buang yang berasal dari cerobong peleburan Pb murni, cerobong reaktor lead oxide mill, cerobong battery grid *casting* machine, proses formasi dan mesin oven. Berikut ini merupakan hasil uji emisi pada proses oxide dan *casting* machine

Tabel 6.26 Hasil Pemeriksaan Emisi Pada Proses *Pasting* dan *Oxide*

| Proses         | Parameter                            | Hasil Sampel | Baku Mutu* | Satuan             | Keterangan   |
|----------------|--------------------------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|
| <i>Pasting</i> | Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) | < 1          | 650        | µg/Nm <sup>3</sup> | tidak kritis |
|                | Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )   | < 1          | 150        | µg/Nm <sup>3</sup> | tidak kritis |
| <i>Oxide</i>   | Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) | 1            | 650        | µg/Nm <sup>3</sup> | tidak kritis |
|                | Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )   | 1            | 150        | µg/Nm <sup>3</sup> | tidak kritis |

Secara keseluruhan hasil uji emisi pada lantai produksi adalah:

Tabel 6.27 Hasil Evaluasi Tingkat Emisi Lantai Produksi

| Parameter                            | Hasil Sampel | Baku Mutu* | Satuan             | Keterangan   |
|--------------------------------------|--------------|------------|--------------------|--------------|
| Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> ) | 32,71        | 92,5       | µg/Nm <sup>3</sup> | tidak kritis |
| Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )   | 51,44        | 262        | µg/Nm <sup>3</sup> | tidak kritis |
| Amonia (NH <sub>3</sub> )            | 20,16        | 1.360      | ppm                | tidak kritis |
| Debu                                 | 26,54        | 260        | mg/Nm <sup>3</sup> | tidak kritis |
| Karbon Monoksida (CO)                | 318,43       | 22.600     | µg/Nm <sup>3</sup> | tidak kritis |
| Timbal (Pb)                          | <0,04        | 60         | mg/Nm <sup>3</sup> | tidak kritis |

*Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 10 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak di Jawa Timur*

- Emisi gas buang dapat berdampak pada penurunan kualitas udara ambien (lingkungan kerja). Bentuk upaya penanganan pada emis yang diahsilkan adalah penggunaan Cyclone (perangkap udara) dan ventilasi udara, serta penggunaan Peralatan K3 (masker) pada ruang produksi selama kegiatan operasional. Pemantauan dilakukan dengan pengukuran kualitas udara setiap 6 bulan. Selain kegiatan tersebut PT Z berupaya untuk Penanaman dan perawatan pohon berdaun lebar dan besar di sekeliling pabrik sebagai barrier polusi udara. Penanaman pohon dilakukan pada Halaman depan pabrik/Pos Satpam (*up wind*) dan Halaman belakang pabrik/Area bongkar muat (*down wind*).
- Luas ruang terbuka termasuk lahan penghijauan dan lahan prasarana lingkungan (Jalan, RTH, Pagar, Openspace). Jenis tanaman yang ditanam baik di dalam area pabrik maupun di sekitarnya antara lain pohon Sono Kembang (*Pterocarpus indicus*), Glodokan Tiang (*Polyalthia longifolia*), Kersen (*Muntingia calabura*), dan Mangga (*Mangifera indica*). Tanaman penghijauan berfungsi untuk

mengurangi tingkat polusi udara/kebisingan, meningkatkan estetika lingkungan dan menjaga kualitas serta kuantitas airtanah, sehingga memberikan dampak positif bagi lingkungan hidup.

#### 4. Debu

- Debu yang bersumber dari kegiatan dari pembakaran di cerobong pembakaran dan peleburan melting Pb-alloy, pembakaran dan peleburan *casting*, tungku pembakaran mesin oven, reaktor mollen dan crusher pada unit *pasting*
- Peningkatan kadar debu dapat berbahaya bagi kesehatan pekerja yaitu lingkungan kerja yang tidak sehat. Penanganan pada debu sama seperti penanganan pada emisi gas buang yaitu menggunakan cyclone, ventilasi, masker, dan penanaman pohon.

#### 5. Kebisingan

- Kebisingan yang ditimbulkan dari kegiatan operasional mesin dan lalu lintas kendaraan yang relatif kecil
- Kebisingan dikelola melalui Pemasangan *Silencer tube Maintenance* secara berkala & Peralatan k3 (*ear plug*). Peralatan bising ditempatkan dalam ruang kedap dan dilindungi dengan bahan penutup (*Silencer tube*) & Pekerja di ruang produksi menggunakan pelindung telinga (*ear plug*)

#### 6. Bau

- Bau yang paling dominan dari proses produksi adalah di dalam ruang proses formasi, oleh karena itu udara dihisap dengan exhaust dan dialirkan ke air untuk menangkap gas buang yang ditimbulkan karena bau dari proses formasi dari dominasi bau asam sulfat merupakan bau yang bersifat B3
- Pada ruang proses formasi, air pendingin diberi cairan yang berbusa untuk menurunkan kandungan gas buang (bau) yang timbul
- Bau yang ditimbulkan dari sanitasi limbah padat organik yang kurang baik yang berasal dari TPS

## 7. Limbah B3

- Limbah padat berupa kerak peleburan Pb-alloy dan debu dengan kapasitas rata – rata 500 kg/bulan
- Olie bekas dengan kapasitas rata – rata 40 liter/bulan  
Olie dapat berdampak pada kualitas air tanah, oli bekas yang dihasilkan oleh PT Z akan disimpan pada TPS khusus limbah B3 dan akan dijual kepada pihak ketiga. pelumas bekas diletakkan dalam drum tertutup (kapasitas 200lt) untuk disimpan dalam tempat penampungan sementara limbah B3. Secara berkala akan dikirim ke perusahaan pengolah limbah B3 yang telah mendapatkan ijin dari Kementerian Negara Lingkungan Hidup RI
- Limbah padat sludge IPAL dengan kapasitas rata –rata 1 ton/bulan
- Majun terkontaminasi LB3 dengan kapasitas rata – rata 2 kg/bulan
- Lampu TL bekas dengan kapasitas rata – rata 1 pcs / 1 tahun.

Berikut ini merupakan jumlah limbah B3 yang dihasilkan dari proses produksi PT Z.

Tabel 6.28 Total Limbah B3 Tahap Manufaktur PT Z

| Bulan            | Sisa awal limbah pada TPS (kg) | Jumlah Limbah (kg) | Jumlah Pengelolaan Limbah (kg) | Sisa Limbah pada TPS (kg) |
|------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Januari          | 57.452,1                       | 99.711,9           | 99.217                         | 57.947                    |
| Februari         | 57.947                         | 49.055             | 65.255                         | 41.747                    |
| Maret            | 41.747                         | 65.731             | 64.031                         | 43.447,5                  |
| April            | 43.447,5                       | 70.709,5           | 69.076                         | 45.110,5                  |
| Mei              | 45.110,5                       | 71.244,5           | 81.007                         | 35.348                    |
| Juni             | 35.348                         | 40.662             | 53.146                         | 22.864                    |
| Juli             | 22.864                         | 39.030             | 43.442                         | 18.452                    |
| <b>Total</b>     | <b>157.906</b>                 | <b>194.478</b>     | <b>475.174</b>                 | <b>176.358</b>            |
| <b>Rata-rata</b> | <b>39.4765</b>                 | <b>48.6195</b>     | <b>67.882</b>                  | <b>35.2716</b>            |

Dimana limbah pada setiap proses adalah sebagai berikut:



Tabel 6.29 Limbah B3 Proses *Casting*

| Bulan     | Limbah Dross (kg) | Pengelolaan Dross (kg) | Lama Penyimpanan pada TPS |
|-----------|-------------------|------------------------|---------------------------|
| Januari   | 4.728             | 4.728                  | 18 hari                   |
| Februari  | 795               | 795                    | 0 hari                    |
| Maret     | 8.319             | 8.319                  | 30 hari                   |
| April     | 5.080             | 5.080                  | 14 hari                   |
| Mei       | 5.864             | 5.864                  | 14 hari                   |
| Juni      | 3.414             | 3.414                  | 15 hari                   |
| Total     | 28.148            | 28.148                 |                           |
| Rata-rata | 4.697             | 4.697                  | -                         |

Pada proses *casting* limbah B3 yang dihasilkan adalah dross. Dross merupakan hasil padatan yang mengapung pada air akibat proses pencairan logam pada timah. Rata-rata limbah dross yang dihasilkan adalah 4.697 kg/bulan

Tabel 6.30 Limbah B3 Proses *Pasting*

| Bulan     | Limbah Sludge (kg) | Limbah Lead Scrap (kg) | Limbah Dross (kg) | Pengelolaan limbah (kg) | Lama Penyimpanan pada TPS |
|-----------|--------------------|------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------|
| Januari   | 9799               | 14268                  | -                 | 24067                   | 6 hari                    |
| Februari  | 10031              | 2683                   | 1160              | 13874                   | 41 hari                   |
| Maret     | 22579              | 4028                   | 1069              | 27676                   | 23 hari                   |
| April     | 25263              | 1044                   | -                 | 26307                   | 26 hari                   |
| Mei       | 24138              | 1462                   | -                 | 25600                   | 17 hari                   |
| Juni      | 9955               | 1029                   | -                 | 10984                   | 20 hari                   |
| Total     | 101765             | 24514                  | 2229              | 128508                  | -                         |
| Rata-rata | 16960.8            | 4085.7                 | 1114.5            | 21418                   | -                         |

Pada proses *pasting* limbah B3 yang dihasilkan adalah sludge, lead scrap dan dross. Sludge merupakan lumpur campuran timah cair dan air dan lead scrap adalah limbah plat yang *defect*. Rata-rata limbah yang dihasilkan adalah 21418 kg/bulan

Tabel 6.31 Limbah B3 Proses Formasi

| Bulan    | Limbah Baterai bekas (kg) | Limbah Lead Scrap (kg) | Limbah Sludge (kg) | Pengelolaan limbah (kg) | Lama Penyimpanan pada TPS |
|----------|---------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|
| Januari  | -                         | 2626                   | -                  | 2626                    | 16 hari                   |
| Februari | 925                       | 2926                   | -                  | 3851                    | 24 hari                   |
| Maret    | 5650                      | 3870                   | 933                | 10453                   | 44 hari                   |

Lanjutan Tabel 6.31 Limbah B3 Proses Formasi

| Bulan     | Limbah Baterai bekas (kg) | Limbah Lead Scrap (kg) | Limbah Sludge (kg) | Pengelolaan limbah (kg) | Lama Penyimpanan pada TPS |
|-----------|---------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|
| April     | 2235                      | 6581                   | -                  | 8816                    | 24 hari                   |
| Mei       | 962.5                     | 15176                  | -                  | 16138.5                 | 19 hari                   |
| Juni      | -                         | 5349                   | -                  | 5349                    | 14 hari                   |
| Total     | 9772.5                    | 36528                  | 933                | 47233.5                 | -                         |
| Rata-rata | 2443.125                  | 6088                   | 933                | 7872.25                 | -                         |

Pada proses formasi limbah B3 yang dihasilkan adalah baterai bekas, lead scrap, dan sludge. Rata-rata limbah dross yang dihasilkan adalah 7872.25 kg/bulan.

Tabel 6.32 Limbah B3 Proses *Cutting*

| Bulan     | Limbah Bubuk <i>cutting</i> (kg) | Limbah Lead Scrap (kg) | Pengelolaan limbah (kg) | Lama Penyimpanan pada TPS (kg) |
|-----------|----------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Januari   | 2410                             | 1237                   | 3647                    | 18 hari                        |
| Februari  | 3699                             | 811                    | 4510                    | 26 hari                        |
| Maret     | 822                              | 2046                   | 2868                    | 19 hari                        |
| April     | 3992                             | 2289                   | 6281                    | 18 hari                        |
| Mei       | 2811                             | 5714                   | 8525                    | 9 hari                         |
| Juni      | 3644                             | 3567                   | 7211                    | 1 hari                         |
| Total     | 14763                            | 12097                  | 26860                   | -                              |
| Rata-rata | 2460.5                           | 2419.4                 | 4476.67                 | -                              |

Pada proses *cutting* limbah B3 yang dihasilkan adalah limbah bubuk *cutting* dan lead scrap dan dross. Rata-rata limbah dross yang dihasilkan adalah 4476.67 kg/bulan

Tabel 6.33 Limbah B3 Proses *Stacking*

| Bulan     | Limbah terkontaminasi (kg) | Limbah Lead Scrap (kg) | Limbah Dross (kg) | Limbah Debu (kg) | Pengelolaan limbah (kg) | Lama Penyimpanan pada TPS |
|-----------|----------------------------|------------------------|-------------------|------------------|-------------------------|---------------------------|
| Januari   | 331                        | 2594                   | -                 | -                | 2925                    | 13 hari                   |
| Februari  | 151                        | 3309                   | -                 | -                | 3460                    | 26 hari                   |
| Maret     | 457                        | 6727.5                 | 1269              | 442              | 8895.5                  | 26 hari                   |
| April     | 179                        | 1750                   | -                 | -                | 1929                    | 3 hari                    |
| Mei       | 178                        | 7440                   | -                 | 480              | 8098                    | 9 hari                    |
| Juni      | -                          | -                      | -                 | -                | -                       | -                         |
| Total     | 259.2                      | 21820.5                | 6618              | 922              | 30656.5                 | -                         |
| Rata-rata | 259.2                      | 4364.1                 | 3309              | 461              | 5109.42                 | -                         |

Pada proses formasi limbah B3 yang dihasilkan adalah limbah terkontaminasi, lead scrap, dross, dan debu. Rata-rata limbah dross yang dihasilkan adalah 5109.4 kg/bulan

Tabel 6.34 Limbah B3 Aki Bekas

| Bulan     | Limbah aki bekas (kg) | Pengelolaan limbah (kg) | Lama Penyimpanan pada TPS |
|-----------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|
| Januari   | 6274                  | 6274                    | 82 hari                   |
| Februari  | 2000                  | 2000                    | 78 hari                   |
| Maret     | 5650                  | 5650                    | 43 hari                   |
| April     | 2235                  | 2235                    | 97 hari                   |
| Mei       | 962                   | 962                     | 66 hari                   |
| Juni      | -                     | -                       | -                         |
| Total     | 17121                 | 17121                   | -                         |
| Rata-rata | 3424.2                | 3424.2                  | -                         |

#### 6.4.2.10 Sosial Tahap Manufaktur PT Z Sosial Tahap Manufaktur PT Z

PT Z memiliki 404 pekerja yang bertugas untuk melakukan proses produksi pembuatan aki. Kondisi sosial pada tahap manufaktur yang terdiri dari kepuasan, kesehatan, keselamatan, dan pengembangan diri pekerja adalah sebagai berikut:

##### 1. Kepuasan

Tabel 6.35 Kepuasan Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan    | Jumlah | Persentase |
|---------------|--------|------------|
| Jml Pegawai   | 389    | 79.7 %     |
| Keluar        | 99     |            |
| Total pegawai | 488    |            |

Kepuasan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kepuasan pekerja} &= \left( \frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( \frac{389}{488} \right) \times 100 \% \\
 &= 79.7 \%
 \end{aligned}$$

## 2. Kesehatan

Tabel 6.36 Kesehatan Pekerja Tahap Manufaktur

|          | Jumlah jam kerja | Jumlah Jam Sakit |
|----------|------------------|------------------|
| Januari  | 85092            | 1521             |
| Februari | 80480            | 1682             |
| Maret    | 87902            | 1631             |
| April    | 77929            | 1348             |
| Mei      | 80960            | 1272             |
| Juni     | 49200            | 1114             |
| TOTAL    | 461563           | 8568             |

Kesehatan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{kesehatan pekerja} &= \left(1 - \frac{\text{jumlah jam sakit}}{\text{jumlah jam kerja}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(1 - \frac{8568}{461563}\right) \times 100 \% \\
 &= 98.14 = 98 \%
 \end{aligned}$$

## 3. Keselamatan

Tabel 6.37 Keselamatan Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan               | Jumlah   | Persentase |
|--------------------------|----------|------------|
| Jml Pegawai              | 389      | 99.9 %     |
| Total Kecelakaan (orang) | 2        |            |
| Jumlah hari              | 206 hari |            |

Keselamatan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Keselamatan pekerja} &= \left(1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}}\right) \times 100 \% \\
 &= \left(1 - \frac{2}{389 \times 260}\right) \times 100 \% \\
 &= 99.99 \%
 \end{aligned}$$

## 4. Pengembangan Diri

Tabel 6.38 Pengembanagn Diri Pekerja Tahap Manufaktur

| Keterangan          | Jumlah | Efisiensi |
|---------------------|--------|-----------|
| Jml Pegawai Traning | 275    | 70.7 %    |
| Total pegawai       | 389    |           |

Pengembangan diri pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase pengembangan diri} &= \left( \frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{Total pegawai}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( \frac{275}{389} \right) \times 100 \% \\
 &= 70.7 \%
 \end{aligned}$$

### 6.4.3 TAHAP DISTRIBUSI PT Z

PT Z memiliki 1 unit truk dan 4 unit pick up untuk melakukan distribusi hasil produksi. PT Z juga menggunakan jasa perusahaan lain untuk proses distribusi hasil produksi pada dalam dan luar negeri.

#### 6.4.3.1 Waktu Pengiriman pada Konsumen PT Z

Waktu pengiriman yang dijanjikan oleh PT Z dalam memenuhi permintaan konsumen adalah selama 14 hari kerja. Berikut ini merupakan jumlah pesanan dan jumlah pesanan (PO) yang dapat dipenuhi oleh PT Z selama bulan Januari hingga Juni 2017.

Tabel 6.39 Performansi Ketepatan Waktu Pengiriman Distribusi

|          | Jumlah Permintaan PO | Jumlah PO terpenuhi | Persentase PO terpenuhi |
|----------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| Januari  | 31.236               | 33.121              | 106.03 %                |
| Februari | 26.119               | 20.680              | 79.18 %                 |
| Maret    | 10.735               | 14.714              | 137.07 %                |
| April    | 41.474               | 14.314              | 33.70 %                 |
| Mei      | 9.334                | 23.992              | 257.04 %                |
| Juni     | 19.570               | 13.976              | 71.42 %                 |
| TOTAL    | 139.468              | 120.797             | 86.61 %                 |

PT Z memiliki distributor yang berfungsi untuk melakukan penjualan khusus produk PT Z yang berlokasi 4.3 Km dari lokasi pabrik PT Z. Pada tahap distribusi distributor yang digunakan sebagai obyek penelitian adalah distibutor PT Z. Hal ini disebabkan seluruh pembelian produk aki dilakukan melalui retailer ini. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengiriman pada retailer PT Z adalah 20 menit.

#### 6.4.3.2 Tingkat Persediaan Tahap Distribusi PT Z

Berikut ini merupakan tingkat persediaan produk jadi pada gudang PT Z

Tabel 6.40 Tingkat Persediaan Tahap Distribusi PT Z

|           | Produksi | Distribusi | Stock  |
|-----------|----------|------------|--------|
| <b>1</b>  | 0        | 0          |        |
| 2         | 0        | 0          | 3245   |
| 3         | 4883     | 3245       | 4883   |
| <b>4</b>  | 2544     | 4324       | 3103   |
| 5         | 3615     | 2314       | 4404   |
| 6         | 3874     | 4523       | 3755   |
| 7         | 4625     | 2573       | 5807   |
| 8         | 0        | 0          | 5807   |
| 9         | 5741     | 4312       | 7236   |
| 10        | 4679     | 3432       | 8483   |
| <b>11</b> | 4739     | 4542       | 8680   |
| 12        | 4219     | 4123       | 8776   |
| 13        | 2940     | 4523       | 7193   |
| 14        | 1567     | 4524       | 4236   |
| 15        | 0        | 0          | 4236   |
| 16        | 6485     | 3455       | 7266   |
| 17        | 4059     | 4523       | 6802   |
| <b>18</b> | 4291     | 4422       | 6671   |
| 19        | 3997     | 3214       | 7454   |
| 20        | 3046     | 4323       | 6177   |
| 21        | 3243     | 4367       | 5053   |
| 22        | 0        | 0          | 5053   |
| 23        | 3500     | 2452       | 6101   |
| 24        | 3908     | 3245       | 6764   |
| <b>25</b> | 6549     | 3241       | 10072  |
| <b>26</b> | 2905     | 2467       | 10510  |
| 27        | 3267     | 4323       | 9454   |
| 28        | 0        | 0          | 9454   |
| 29        | 0        | 0          | 9454   |
| 30        | 1229     | 3142       | 7541   |
| 31        | 5818     | 4312       | 9047   |
| Total     | 95723    | 89921      | 202717 |

Dari Tabel 6.40 dapat diketahui bahwa tingkat persediaan produk jadi pada gudang PT Z adalah 6539 unit per hari.

#### 6.4.3.3 Kualitas Tahap Distribusi PT Z

Selama proses pengiriman tidak ada aki yang bermasalah. Aki yang defect dapat diketahui dari jumlah keluhan konsumen dan akan dijelaskan pada sub bab tahap konsumsi.

#### 6.4.3.4 Konsumsi Material dan Air Tahap Distribusi PT Z

Pada Proses distribusi tidak terdapat konsumsi material dan air

#### 6.4.3.5 Konsumsi Energi Tahap Distribusi PT Z

Berikut ini merupakan jumlah bahan bakar solar yang digunakan oleh *forklift* PT Z untuk melaksanakan tugas dalam gudang produk jadi

Tabel 6.41 Konsumsi Bakar *Forklift* Gudang Produk jadi PT Z

|                              | Januari | Februari | Maret | April | Mei | Juni | Rata-rata |
|------------------------------|---------|----------|-------|-------|-----|------|-----------|
| Solar<br>( <i>forklift</i> ) | 300     | 275      | 287.5 | 262.5 | 310 | 325  | 293.33    |

Sedangkan energi yang dibutuhkan untuk proses distribusi dengan kendaraan yang dimiliki oleh PT Z adalah

Tabel 6.42 Rata-Rata Penggunaan Bahan Bakar Untuk Distribusi

| No    | Jenis                 | Kebutuhan           |
|-------|-----------------------|---------------------|
| 1     | Bensin                | 800 liter / bulan   |
| 2     | Solar untuk kendaraan | 2.500 liter / bulan |
| Total |                       | 3.300 liter/bulan   |

#### 6.4.3.6 Emisi Tahap Distribusi PT Z

Emisi yang dihasilkan dari kegiatan pada tahap distribusi adalah penggunaan bahan bakar solar untuk *forklift* pada gudang dan untuk bahan bakar kendaraan pick up yang dimiliki PT Z. Berikut ini merupakan pengukuran emisi bahan bakar solar pada *forklift* dengan menggunakan tier 1:

- 1) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk solar adalah  $36 \times 10^{-6}$  TJ/liter (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

$$\text{konsumsi energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (sat. fisik)} \times \text{nilai kalor} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi (perbulan)} &= 293.33 \text{ L} \times 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 10559.88 \times 10^{-6} \text{ TJ} \end{aligned}$$

2) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar solar adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 74100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 3.9 \text{ kg CH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 3.9 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{TJ}$

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

Dimana a adalah jenis bahan bakar (premium, solar)

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ (perbulan)} = 10559.88 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 74100 = 782.487 \text{ kg CO}_2$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ (perbulan)} = 10559.88 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.9 = 0.04 \text{ kg CH}_4$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} \text{ (perbulan)} = 10559.88 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 3.9 = 0.04 \text{ kg N}_2\text{O}$$

Berikut ini merupakan pengukuran emisi bahan bakar solar pada *forklift* dengan menggunakan tier 1:

1) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk solar adalah  $36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter}$

nilai kalor untuk premium adalah  $33 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter}$  (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

$$\text{konsumsi energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (sat. fisik)} \times \text{nilai kalor} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi solar (bulanan)} &= 2500 \text{ L} \times 36 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 0.09 \text{ TJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi energi premium (bulanan)} &= 800 \text{ L} \times 33 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\ &= 0.0264 \text{ TJ} \end{aligned}$$

2) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar solar adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 74100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 3.9 \text{ kg CH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 3.9 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{TJ}$

Sedangkan faktor emisi untuk bahan bakar premium adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):



- $\text{CO}_2 = 69300 \text{ KgCO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 33 \text{ kgCH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 3.2 \text{ kgN}_2\text{O} / \text{TJ}$

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

Dimana a adalah jenis bahan bakar (premium, solar)

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ solar (bulanan)} &= 0.09 \text{ TJ} \times 74100 \\ &= 6669 \text{ kg CO}_2 \end{aligned}$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ solar (bulanan)} = 0.09 \text{ TJ} \times 3.9 = 0.351 \text{ kg CH}_4$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O solar (bulanan)} = 0.09 \text{ TJ} \times 3.2 = 0.288 \text{ kg N}_2\text{O}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ premium (bulanan)} &= 0.0264 \text{ TJ} \times 69300 \\ &= 1829.52 \text{ kg CO}_2 \end{aligned}$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ premium (bulanan)} = 0.0264 \text{ TJ} \times 33 = 0.871 \text{ kg CH}_4$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O premium (bulanan)} = 0.0264 \text{ TJ} \times 3.2 = 0.085 \text{ kg N}_2\text{O}$$

#### 6.4.3.7 Tanah Tahap Distribusi PT Z

Area yang digunakan untuk menyimpan Aki yang telah selesai diproduksi dan menunggu untuk dikirimkan kepada konsumen adalah  $3.312 \text{ m}^2$

#### 6.4.3.8 Pengelolaah Limbah Tahap Distribusi PT Z

Produk cacat yang didapatkan dari proses distribusi tidak dilakukan pengembalian pada perusahaan. Oleh karena itu tidak ada pengelolaan limbah pada proses distribusi.

#### 6.4.3.9 Sosial Tahap Distribusi PT Z

PT Z memiliki 5 pekerja yang bertugas untuk melakukan pencatatan penerimaan dan pengambilan material kepada rantai produksi, mengatur penataan pada gudang, serta menjaga kualitas material ketika disimpan. Kondisi sosial pada tahap pra manufaktur yang terdiri dari kepuasan, kesehatan, keselamatan, dan pengembangan diri pekerja adalah sebagai berikut:

### 1. Kepuasan

Tabel 6.43 Kepuasan Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan    | Jumlah | Persentase |
|---------------|--------|------------|
| Jml Pegawai   | 5      | 100%       |
| Keluar        | 0      |            |
| Total pegawai | 5      |            |

Kepuasan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kepuasan pekerja} &= \left( \frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( \frac{5}{5} \right) \times 100 \% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

### 2. Kesehatan

Tabel 6.44 Kesehatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan             | Jumlah   | Persentase |
|------------------------|----------|------------|
| Jml Pegawai            | 5        | 98 %       |
| Jumlah hari Izin sakit | 27       |            |
| Jumlah hari kerja      | 260 hari |            |

Kesehatan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{kesehatan pekerja} &= \left( 1 - \frac{\text{jumlah hari pegawai izin sakit}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( 1 - \frac{27}{5 \times 260} \right) \times 100 \% \\
 &= 97.92 = 98 \%
 \end{aligned}$$

### 3. Keselamatan

Tabel 6.45 Keselamatan Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan               | Jumlah   | Persentase |
|--------------------------|----------|------------|
| Jml Pegawai              | 5        | 100 %      |
| Total Kecelakaan (orang) | 0        |            |
| Jumlah hari              | 206 hari |            |

Keselamatan pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Keselamatan pekerja} &= \left( 1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{jumlah pegawai} \times \text{jumlah hari kerja}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( 1 - \frac{0}{5 \times 260} \right) \times 100 \% \\
 &= 100 \%
 \end{aligned}$$

#### 4. Pengembangan Diri

Tabel 6.64 Pengembangan Diri Pekerja Tahap Pra Manufaktur

| Keterangan           | Jumlah | Efisiensi |
|----------------------|--------|-----------|
| Jml Pegawai Training | 0      | 0 %       |
| Total pegawai        | 5      |           |

Pengembangan diri pekerja gudang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase pengembangan diri} &= \left( \frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{Total pegawai}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left( \frac{0}{5} \right) \times 100 \% \\
 &= 0 \%
 \end{aligned}$$

### 6.4.4 TAHAP KONSUMSI PT Z

#### 6.4.4.1 Waktu Konsumsi Tahap Konsumsi PT Z

Umur hidup yang dijanjikan oleh perusahaan untuk produk aki yang diproduksi adalah 1.5 tahun. Sedangkan dari hasil penyebaran kuesioner maka didapatkan bahwa umur hidup aki bergantung pada jenis motor, keadaan motor, dan kebiasaan pengguna. Bapak Ashuri selaku pemilik bengkel aki PT CA menyebutkan bahwa rata-rata aki PT Z dapat digunakan dalam kurun waktu satu hingga dua tahun. Sehingga dari pernyataan ini diketahui bahwa umur hidup yang dijanjikan oleh perusahaan telah sesuai dengan umur hidup actual aki.

#### 6.4.4.2 Kualitas Tahap Konsumsi PT Z

Berikut ini merupakan tingkat keluhan yang diterima oleh PT Z atas hasil produksi aki.

Tabel 6.47 Tingkat Keluhan Tahap Konsumsi PT Z

| Jenis      | Bulan    | Jumlah | Klaim | Penyebab Kerusakan |            |          |
|------------|----------|--------|-------|--------------------|------------|----------|
|            |          |        |       | Produksi           | Distribusi | Konsumen |
| Aki Export | Januari  | 38257  | 0     | 0                  | 0          | 0        |
|            | Februari | 15111  | 0     | 0                  | 0          | 0        |
|            | Maret    | 68538  | 0     | 0                  | 0          | 0        |
|            | April    | 46700  | 0     | 0                  | 0          | 0        |
|            | Mei      | 39807  | 16    | 10                 | 0          | 6        |
|            | Juni     | 18332  | 0     | 0                  | 0          | 0        |

Lanjutan Tabel 6.47 Tingkat Keluhan Tahap Konsumsi PT Z

| Jenis     | Bulan    | Jumlah | Klaim | Penyebab Kerusakan |            |          |
|-----------|----------|--------|-------|--------------------|------------|----------|
|           |          |        |       | Produksi           | Distribusi | Konsumen |
| Aki Lokal | Januari  | 19662  | 56    | 20                 | 1          | 35       |
|           | Februari | 12102  | 45    | 33                 | 1          | 11       |
|           | Maret    | 20276  | 19    | 17                 | 0          | 2        |
|           | April    | 28041  | 94    | 53                 | 0          | 41       |
|           | Mei      | 27309  | 104   | 39                 | 1          | 64       |
|           | Juni     | 17410  | 31    | 14                 | 2          | 15       |
| Total     |          | 351545 | 365   | 186                | 5          | 174      |

Dari hasil Tabel 6.65 Dapat diketahui bahwa produk cacat yang ditemukan pada proses distribusi adalah 0.01 %. Sehingga kualitas pengiriman adalah 99.99 %

#### 6.4.4.3 Konsumsi Material Tahap Konsumsi PT Z

Tidak terdapat konsumsi material pada tahap konsumsi aki.

#### 6.4.4.4 Konsumsi Air Tahap Konsumsi PT Z

Dari hasil wawancara kepada bengkel/dealer terhadap perilaku konsumen terkait pengisian aki, didapatkan bahwa konsumen melakukan pengisian air aki sesuai dengan kapasitas aki. Sehingga jumlah air yang diisi kedalam aki sesuai dengan kapasitas aki yaitu rata-rata 6.1 liter. Jumlah kebutuhan pengisian aki tidak ada ukuran standar, hal ini disebabkan oleh pengisian air dilakukan sesuai kebutuhan kendaraan.

#### 6.4.4.5 Konsumsi Energi Tahap Konsumsi PT Z

Pada standarnya tidak diperlukan konsumsi energi pada penggunaan aki. Hal ini disebabkan oleh perawatan yang diperlukan untuk menjaga aki dapat beroperasi dengan baik adalah menjamin terpenuhinya air aki yang dibutuhkan oleh aki. Namun dari hasil wawancara kepada dealer/bengkel dan konsumen didapatkan bahwa beberapa konsumen memilih untuk mengecharge aki yang dimilikinya untuk menambah sedikit umur hidup aki. Namun kegiatan ini belum pasti menjamin aki dapat digunakan kembali. Apabila konsumen melakukan

pengechargean pada aki maka membutuhkan arus 1/10 dari kapasitas aki selama  $\pm$  24 jam. Pada umumnya menggunakan 12 V dengan kapasitas 45 A selama 24 jam. Sehingga energi yang dikeluarkan adalah 1.296 Kwh

#### **6.4.4.6 Emisi Tahap Konsumsi PT Z**

Tidak ada emisi yang dihasilkan dari proses konsumsi aki

#### **6.4.4.7 Tanah Tahap Konsumsi PT Z**

Pada proses konsumsi aki tidak terdapat konsumsi tanah.

#### **6.4.4.8 Pengelolaan Limbah Tahap Konsumsi PT Z**

Limbah yang dihasilkan dari proses konsumsi aki adalah produk aki yang tidak dapat digunakan lagi. Dari hasil kuesioner yang disebarkan didapatkan bahwa pada umumnya konsumen mengelola limbah aki bekas dengan cara menjualnya pada pengepul atau tukar tambah dengan dealer/bengkel.

#### **6.4.4.9 Sosial Tahap Konsumsi PT Z**

##### **6.4.4.9.1 Kepuasan: CSR**

PT Z tidak memiliki target CSR, setiap tahun PT Z melakukan kegiatan CSR pada hari lebaran dan kegiatan masyarakat.

##### **6.4.4.9.2 Kesehatan:**

Aki termasuk bahan yang berbahaya B3 sehingga termasuk produk yang diperhatikan oleh kementerian lingkungan hidup mengenai limbah dan pemanfaatannya.

##### **6.4.4.9.3 Pengembangan Diri:**

PT Z tidak melakukan sharing knowledge setiap tahunnya melalui kegiatan pemasaran dan seminar mengenai pengetahuan aki dan teknologi yang berkembang.

#### **6.4.5 TAHAP *END OF LIFE* PT Z**

Aki bekas dilakukan proses daur ulang, hal ini bertujuan untuk mengolah kembali timah atau logam timbal serta plastik. Timah yang telah didaur ulang dapat digunakan kembali oleh berbagai industri seperti industri aki, tv, cat, dan keramik. Sedangkan plastic yang telah diolah dapat digunakan untuk industri aki dan industri plastic.

Proses daur ulang aki dapat berdampak buruk kepada lingkungan dan sosial apabila tidak diolah dengan baik. Hal ini disebabkan oleh aki merupakan bahan beracun dan berbahaya (B3). Proses daur ulang pada umumnya akan menghasilkan pencemaran udara dari debu dan emisi gas buang yang dihasilkan dari proses daur ulang timah, bau sulfur, dan limbah cair yang mengandung asam sulfat. Proses daur ulang aki memiliki banyak manfaat antara lain adalah:

- Penghematan Energi: energi yang dibutuhkan untuk mendaur ulang timah bekas lebih sedikit (4 kali) dibandingkan harus menggunakan timah baru.
- Penghematan Sumber Daya Alam: Daur ulang aki mampu menghemat sumber daya alam dari kegiatan penambangan mineral pada alam.
- Penghematan Air: jumlah kebutuhan air dan limbah air yang dibutuhkan untuk mendaur ulang timah bekas lebih sedikit dibandingkan harus menggunakan timah baru.
- Mengurangi dampak lingkungan dan sosial: Proses daur ulang aki dapat mengurangi dampak lingkungan dan sosial akibat limbah berbahaya. Hal ini disebabkan aki termasuk B3 dan limbah sangat berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup.
- Menciptakan Lapangan Kerja: Industri daur ulang aki dapat memberikan peluang kerja.

Proses daur ulang aki ketika aki telah selesai di konsumsi oleh konsumen adalah aki dikumpulkan oleh PT M selaku melalui pembelian Aki pada pengepul. PT Z memiliki kapasitas produksi untuk mendaur ulang limbah aki bekas sebesar 36.000 ton. Sedangkan jumlah produksi PT M adalah 25.000 ton pertahun. Tidak terpenuhi kapasitas produksi PT M disebabkan sulitnya mendapatkan aki bekas,

hal ini disebabkan oleh banyaknya industri menyerahkan limbah aki bekas kepada pengepul atau industri pengolahan limbah kecil yang belum memiliki izin pengolahan limbah B3.

#### 6.4.5.1 Pengukuran Waktu Tahap *End of Life* PT Z

Dari hasil wawancara kepada retailer dan pengepul didapatkan bahwa retailer melakukan penjualan aki bekas konsumen kepada pengepul yang menawarkan harga tinggi. Hal ini didasari oleh faktor keuntungan yang diharapkan oleh retailer. Waktu yang dibutuhkan pengepul untuk mengumpulkan aki bekas dan mengirimkannya pada industri pengolahan limbah berizin atau tidak adalah sekitar 3-6 bulan.

PT M telah bekerja sama dengan banyak perusahaan untuk mengirimkan limbah timah yang dihasilkan untuk diolah pada PT M menjadi timah baru yang dapat digunakan kembali. Namun PT M juga melakukan pembelian kepada para pengepul untuk memenuhi kebutuhan produksi terhadap aki bekas. Waktu yang dibutuhkan untuk proses daur ulang pada setiap proses adalah sebagai berikut:

Tabel 6.48 Waktu Daur Ulang Aki bekas

| Proses                         | kapasitas           | waktu                            |
|--------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| <i>Crusher</i>                 | 2000 kg/batch       | 1 jam                            |
| <i>Furnace</i>                 | 3000 kg/batch       | 3 jam pemanasan dan 5 jam proses |
| <i>Refining &amp; alloying</i> | 5 ton/batch         | 7 jam                            |
| <i>casting</i>                 | 4 ton (150 cetakan) | 1 jam                            |

#### 6.4.5.2 Kualitas Tahap *End of Life* PT Z

Dari hasil pengolahan limbah aki bekas didapatkan bahwa 100 % kualitas yang dihasilkan baik. Hal ini disebabkan oleh timah dapat dilakukan daur ulang melalui proses pemanasan.

#### 6.4.5.3 Konsumsi Material Tahap *End of Life* PT Z

Berikut ini merupakan jumlah konsumsi material pada tahap daur ulang aki bekas.

Tabel 6.49 Konsumsi Material Proses Daur Ulang Aki

| Proses                         | Material Masuk | Material Tambahan | Material Keluar | Buang (limbah) |
|--------------------------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------|
| <i>Crusher</i>                 | 2000 kg        |                   | 1500 kg         | 500 kg         |
| <i>Furnace</i>                 | 3000 kg        | 500 kg reaktor    | 3500 kg         | 0 kg           |
| <i>Refining &amp; alloying</i> | 5000 kg        |                   | 5000 kg         | 0 kg           |
| <i>casting</i>                 | 4000 kg        |                   | 4000 kg         | 0 kg           |
| Total                          | 2000 kg        |                   |                 | 500            |

Dari hasil Tabel 6.49 dapat diketahui bahwa dari 2000 kg aki bekas dapat menghasilkan 1500 kg timah baru.

#### 6.4.5.4 Konsusmi Air Tahap *End of Life* PT Z

Air pada proses daur ulang dibutuhkan untuk proses pencucian pada proses crusher. Jumlah air yang dibutuhkan utnuak proses pencucian aki adalah 500 liter/batch.

#### 6.4.5.5 Konsumsi Energi Tahap *End of Life* PT Z

Energi yang dibutuhkan pada proses duar ulang adalah energi listrik dan gas. Berikut ini merupakan jumlah jenis energi dan konsumsi energi pada setiap proses daur ulang 4000 kg aki bekas

Tabel 6.50 Konsumsi Energi Tahap *End of Life*

| Proses                         | Jenis Energi               | Waktu | Total Energi         |
|--------------------------------|----------------------------|-------|----------------------|
| <i>Crusher</i>                 | Energi Listrik             | 2 jam | 15.5 Kwh             |
| <i>Furnace</i>                 | Energi Listrik<br>Gas alam | 8 jam | 800 Kwh<br>320 liter |
| <i>Refining &amp; alloying</i> | Energi Listrik<br>Diesel   | 7 jam | 26 Kwh<br>126 liter  |
| <i>casting</i>                 | Energi Listrik             | 1 jam | 5.59 Kwh             |

Dari Tabel 6.50 Jumlah energi listrik yang dibutuhkan untuk mendaur ulang aki bekas sebanyak 4000 kg adalah 847.09 kwh, 320 L gas alam, dan 126 liter diesel.



#### 6.4.5.6 Emisi Tahap *End of Life* PT Z

Emisi pada tahap end of life dihasilkan dari proses penggunaan gas alam dan diesel pada proses produksi. Berikut ini merupakan pengukuran emisi yang dihasilkan dari penggunaan 320 L gas alam dengan menggunakan tier 1

- 1) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk solar adalah  $38.5 \times 10^{-6}$  TJ/Nm<sup>3</sup> (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

$$\text{konsumsi energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (sat. fisik)} \times \text{nilai kalor} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi gas} &= 320 \text{ m}^3 \times 38.5 \times 10^{-6} \text{ TJ/m}^3 \\ &= 12320 \times 10^{-6} \text{ TJ}\end{aligned}$$

- 2) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar solar adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- CO<sub>2</sub> = 56100 kg CO<sub>2</sub>/TJ
- CH<sub>4</sub> = 1 kg CH<sub>4</sub>/TJ
- N<sub>2</sub>O = 0.1 kg N<sub>2</sub>O /TJ

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

Dimana a adalah jenis bahan bakar

$$\text{Emisi CO}_2 = 12320 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 56100 = 691.15 \text{ Kg CO}_2$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 12320 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 1 = 12320 \times 10^{-6} \text{ Kg CH}_4$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 12320 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 0.1 = 1232 \times 10^{-6} \text{ Kg N}_2\text{O}$$

Sedangkan pengukuran emisi yang dihasilkan dari penggunaan 126 L diesel dengan menggunakan tier 1 adalah:

- 1) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

nilai kalor untuk solar adalah  $38 \times 10^{-6}$  TJ/Nm<sup>3</sup> (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

$$\text{konsumsi energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (sat. fisik)} \times \text{nilai kalor} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi gas} &= 126 \text{ m}^3 \times 38 \times 10^{-6} \text{ TJ/m}^3 \\ &= 4788 \times 10^{-6} \text{ TJ}\end{aligned}$$

## 2) Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule (TJ)

Faktor emisi untuk bahan bakar solar adalah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012):

- $\text{CO}_2 = 74100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$
- $\text{CH}_4 = 1 \text{ kg CH}_4/\text{TJ}$
- $\text{N}_2\text{O} = 0.1 \text{ kg N}_2\text{O} / \text{TJ}$

$$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi energi}_a \times \text{faktor emisi}_a$$

Dimana a adalah jenis bahan bakar

$$\text{Emisi CO}_2 = 4788 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 74100 = 354.79 \text{ Kg CO}_2$$

$$\text{Emisi CH}_4 = 4788 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 1 = 4788 \times 10^{-6} \text{ Kg CH}_4$$

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = 4788 \times 10^{-6} \text{ TJ} \times 0.1 = 478.8 \times 10^{-6} \text{ Kg N}_2\text{O}$$

### 6.4.5.7 Pengelolaan Limbah Tahap *End of Life* PT Z

Limbah yang dihasilkan dari aktivitas daur ulang dan pengelolaan limbah Aki PT M adalah:

1. Plastik dari proses pemisahan aki bekas
2. Sludge dari proses *crusher*
3. Debu dari proses *furnace* yang dikumpulkan oleh *smoke chamber*
4. Dross dari proses *refining*
5. Slag dari proses *furnace*

Limbah plastik aki akan dikirim pada industri plastik untuk didaur ulang sebagai dasar pembuatan plastik. Limbah sludge, debu, dan dross akan diolah kembali pada *furnace* (100%), sedangkan slag (100 %) akan dikirim kepada pemanfaat yaitu untuk digunakan sebagai bahan pengganti pasir pada bahan bangunan.

## 6.5 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi PT Z

### 6.5.1 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap Pra Manufaktur PT Z

Penggolongan aktivitas pada tahap pra manufaktur dapat dilihat pada Tabel 6.51

Tabel 6.51 Penggolongan aktivitas pada Tahap Pra Manufaktur

| No                    | Aktivitas               | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |            |            |
|-----------------------|-------------------------|-----------|---|---|---|---|-----------------|------------|------------|
|                       |                         | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA       | NVA        |
| 1.                    | Pemeriksaan kualitas    |           |   | V |   |   |                 | V          |            |
| 2.                    | Menunggu hasil kualitas |           |   |   |   | V |                 |            | V          |
| 3.                    | Penyimpanan pada gudang |           |   |   | V |   |                 | V          |            |
| 4.                    | Persiapan material      | V         |   |   |   |   | V               |            |            |
| <b>TOTAL</b>          |                         |           |   |   |   |   | <b>1</b>        | <b>2</b>   | <b>1</b>   |
| <b>Persentase (%)</b> |                         |           |   |   |   |   | <b>25%</b>      | <b>50%</b> | <b>25%</b> |

Dari Tabel 6.51 Dapat diketahui bahwa pada tahap pra manufaktur terdapat 25% aktivitas memberi nilai tambah (VA), 50% aktivitas penting namun tidak memberi nilai tambah (NNVA), dan 25% aktivitas tidak memberi nilai tambah pada produk (NVA). Sehingga pada tahap pra manufaktur didominasi oleh kegiatan tidak menambah nilai namun penting dilakukan, sehingga perlu untuk mengurangi atau mengefisienkan aktivitas NNVA dan NVA seperti proses penyimpanan material. Hal ini disebabkan oleh aktivitas ini akan berdampak pada peningkatan biaya. Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap pra manufaktur dapat dilihat pada Tabel 6.52

Tabel 6.52 Pengukuran Efisiensi pada Tahap *Pre-manufacturing* PT Z

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi   | Perhitungan   | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|---|---|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | $1 - \frac{\text{LT rencana} - \text{LT aktual}}{\text{LT rencana}}$                              | ketepatan waktu pengiriman  | 46.95 %             |
|            | Biaya              | $\frac{\text{Value added cost}}{\text{Total cost}}$   |   |                     |
|            | Tingkat Inventory  | $\frac{\text{Jumlah pembelian} - \text{kerusakan selama penyimpanan}}{\text{Total pembelian}}$    | $= \frac{1411461 - 0}{1411461}$                                   | 100 %               |
|            | Kualitas           | $1 - \frac{\text{Jumlah material yang rusak saat receiving}}{\text{Total pembelian}}$             | $= 1 - \frac{0}{1411461}$   | 100 %               |
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Jumlah konsumsi material value added}}{\text{Total material}}$                       | $= \frac{0.5}{0.5}$   | 0 %                 |
|            | Energi             | $\frac{\text{Jumlah konsumsi energi value added}}{\text{Total energi}}$                           | $= \frac{293.33 \text{ L}}{293.33 \text{ L} + 0.414 \text{ kwh}}$ | 99.8 %              |
|            | Air                | $\frac{\text{Jumlah konsumsi air value added}}{\text{Total air}}$                                 | -   | -                   |
|            | Tanah              | $1 - \frac{\text{Total tanah} - \text{used value added} - \text{green land}}{\text{Total tanah}}$ | $= 1 - \frac{29293 - 3456 - 1148}{600}$                           | 15.7%               |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Jumlah emisi value added}}{\text{Total emisi}}$                                      | $= \frac{782.487}{782.487}$                                       | 100 %               |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{\text{limbah yang diolah}}{\text{Total limbah}}$   | $= \frac{819.75}{819.75}$   | 100 %               |

Lanjutan Tabel 6.52 Pengukuran Efisiensi pada Tahap *Pre-manufacturing* PT Z

| Dimensi | Indikator         | Efisiensi  | Perhitungan                       | Nilai Efisiensi (%) |
|---------|-------------------|--|-----------------------------------|---------------------|
| Sosial  | Kepuasan          | $\frac{\text{jumlah pegawai gudang saat ini}}{\text{total pegawai gudang}}$                                  | $= \frac{10}{10}$                 | 100 %               |
|         | Keselamatan       | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai gudang kecelakaan}}{\text{total pegawai gudang} - \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{0}{10 \times 260}$   | 100 %               |
|         | Kesehatan         | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai gudang izin sakit}}{\text{total pegawai gudang} - \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{133}{10 \times 260}$ | 95 %                |
|         | Pengembangan Diri | $\frac{\text{jumlah pegawai gudang training}}{\text{total pegawai gudang}}$                                  | $= \frac{0}{10}$                  | 0 %                 |

### 6.5.2 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap Manufaktur PT Z

Penggolongan aktivitas pada tahap manufaktur dapat dilihat pada Tabel 6.53

Tabel 6.53 Penggolongan aktivitas pada Tahap Manufaktur

| No  | Aktivitas                                 | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |      |     |
|-----|---|-----------|---|---|---|---|-----------------|------|-----|
|     |   | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA | NVA |
| 1.  | <i>Casting</i>                            | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 2.  | Produksi 1 pallet                         | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 3.  | Pendinginan dan penyimpanan               | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 4.  | Menunggu diproses <i>casting</i>          |           |   |   |   | V |                 |      | V   |
| 5.  | <i>Pasting</i>                            | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 6.  | Produksi 1 pallet (6 layer)               | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 7.  | Transfer ke <i>curing</i>                 |           | V |   |   |   |                 |      | V   |
| 8.  | <i>Curing</i>                             | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 9.  | Pendinginan dan penyimpanan               | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 10. | Menunggu diproses formasi                 |           |   |   |   | V |                 |      | V   |
| 11. | Formasi                                   | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 12. | Transfer menuju pencucian plate           |           | V |   |   |   |                 |      | V   |
| 13. | Pencucian Plate                           | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 14. | Transfer menuju oven                      |           | V |   |   |   |                 |      | V   |
| 15. | Oven                                      | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 16. | Pendinginan                               | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 17. | Tes laboratorium                          |           |   | V |   |   |                 | V    |     |
| 18. | Menuju Area 2                             |           | V |   |   |   |                 |      | V   |
| 19. | <i>Cutting</i>                            | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 20. | <i>Brushing</i>                           | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 21. | Menuju proses <i>stacking</i>             | V         |   |   |   |   |                 |      | V   |
| 22. | <i>Stacking</i>                           | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 23. | Produksi 1 pallet                         | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 24. | Menuju pengelasan ( <i>cell burning</i> ) |           | V |   |   |   |                 |      | V   |
| 25. | Pengelasan 6 rangkaian                    | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 26. | Menuju <i>boxing</i>                      |           | V |   |   |   |                 |      | V   |
| 27. | <i>Boxing</i>                             | V         |   |   |   |   | V               |      |     |
| 28. | Menuju tes                                |           | V |   |   |   |                 |      | V   |
| 29. | Tes <i>polarity</i>                       |           |   | V |   |   |                 | V    |     |

Lanjutan Tabel 6.52 Penggolongan aktivitas pada Tahap Manufaktur

| No                  | Aktivitas                         | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |             |             |
|---------------------|-----------------------------------|-----------|---|---|---|---|-----------------|-------------|-------------|
|                     |                                   | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA        | NVA         |
| 30.                 | Transfer ke short tes 1           |           | V |   |   |   |                 |             | V           |
| 31.                 | Short test 1                      |           |   | V |   |   |                 | V           |             |
| 32.                 | Transfer ke pengelasan            |           | V |   |   |   |                 |             | V           |
| 33.                 | Head seal (pengelasan)            | V         |   |   |   |   | V               |             |             |
| 34.                 | Tranfer short tes 2               |           | V |   |   |   |                 |             | V           |
| 35.                 | Short Tes 2                       |           |   | V |   |   |                 | V           |             |
| 36.                 | Transfer ke tes kekuatan las      |           | V |   |   |   |                 |             | V           |
| 37.                 | Tes kekuatan las                  |           |   | V |   |   |                 | V           |             |
| 38.                 | Transfer ke proses covering       |           | V |   |   |   |                 |             | V           |
| 39.                 | Covering                          | V         |   |   |   |   | V               |             |             |
| 40.                 | Pengelasan                        | V         |   |   |   |   | V               |             |             |
| 41.                 | Transfer Tes kebocoran            |           | V |   |   |   |                 |             | V           |
| 42.                 | Tes kebocoran                     |           |   | V |   |   |                 | V           |             |
| 43.                 | Transfer penomoran tanggal        |           | V |   |   |   |                 |             | V           |
| 44.                 | Labelling & Penomoran             | V         |   |   |   |   | V               |             |             |
| 45.                 | Tranfer packaging alumunium       |           | V |   |   |   |                 |             | V           |
| 46.                 | Packaging alumunium dan pemanasan | V         |   |   |   |   | V               |             |             |
| 47.                 | Finishing (pembersihan)           | V         |   |   |   |   | V               |             |             |
| 48.                 | Packaging karton                  | V         |   |   |   |   | V               |             |             |
| 49.                 | Menunggu 1 layer (50 aki)         | V         |   |   |   |   |                 |             | V           |
| 50.                 | Menuju gudang jadi                |           | V |   |   |   |                 |             | V           |
| <b>TOTAL</b>        |                                   |           |   |   |   |   | <b>25</b>       | <b>6</b>    | <b>20</b>   |
| <b>Persentase %</b> |                                   |           |   |   |   |   | <b>49 %</b>     | <b>12 %</b> | <b>39 %</b> |

Dari Tabel 6.53 Dapat diketahui bahwa pada tahap manufaktur terdapat 49% aktivitas memberi nilai tambah (VA), 12 % aktivitas penting namun tidak memberi nilai tambah (NNVA), dan 39% aktivitas tidak memberi nilai tambah pada produk (NVA). Sehingga dapat diketahui bahwa aktivitas pada tahap manufaktur didominasi oleh aktivitas VA, namun kegiatan NNVA dan NVA masih cukup banyak sehingga masih perlu untuk lebih diefisienkan karena akan berdampak pada biaya, konsumsi air dan energi, sosial, dan sebagainya. Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap manufaktur dapat dilihat pada Tabel 6.54

Tabel 6.54. Pengukuran Efisiensi pada Tahap Manufaktur PT Z

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi   | Perhitungan   | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|---|---|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | $\frac{LT \text{ value-added}}{LT \text{ total}}$   | $= \frac{197.6 \text{ jam}}{295 \text{ jam}}$   | 67 %                |
|            | Biaya              | $\frac{Value \text{ added cost}}{Total \text{ cost}}$   | -   | -                   |
|            | Tingkat Inventory  | $\frac{Material \text{ masuk} - WIP}{Total \text{ material}}$   | $= \frac{25444762 - 544042}{25444762}$  | 97 %                |
|            | Kualitas           | $\frac{Jumlah \text{ Produk jadi} - \text{produk cacat}}{Total \text{ produk}}$   | $= \frac{85.989.899 - 1093873}{85.989.899}$   | 98.7 %              |
| Lingkungan | Material           | $\frac{Jumlah \text{ konsumsi material} - \text{limbah}}{Total \text{ material}}$                                       | $= \frac{11800.81 \text{ gr} - 19.81 \text{ gr}}{11800.81 \text{ gr}}$                          | 99.83 %             |
|            | Energi             | $\frac{Jumlah \text{ konsumsi energi value added}}{Total \text{ energi}}$   | $= \frac{305 \text{ kwh} + 48272 \text{ m}}{305 \text{ kwh} + 48272 \text{ m} + 587 \text{ L}}$ | 98.8 %              |
|            | Air                | $\frac{Jumlah \text{ konsumsi air value added}}{Total \text{ air}}$   | $= \frac{39150}{39670}$   | 98.7 %              |
|            | Tanah              | $1 - \frac{Total \text{ tanah} - \text{used value added} - \text{green land}}{total \text{ tanah}}$                     | $= 1 - \frac{29293 - 16892 - 1148}{600}$  | 65 %                |
|            | Emisi              | $\frac{Jumlah \text{ emisi value added}}{Total \text{ emisi}}$  | $= \frac{56100}{56100 + 1565.88}$   | 97.3 %              |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{limbah \text{ yang diolah}}{Total \text{ limbah}}$   | $= \frac{475.174}{528.742 \text{ kg}}$  | 89.9 %              |
| Sosial     | Kepuasan           | $\frac{jumlah \text{ pegawai produksi saat ini}}{total \text{ pegawai produksi}}$                                       | $= \frac{389}{488}$   | 79.7 %              |
|            | Keselamatan        | $1 - \frac{jumlah \text{ pegawai produksi kecelakaan}}{total \text{ pegawai produksi} \times \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{2}{389}$   | 99 %                |
|            | Kesehatan          | $1 - \frac{jumlah \text{ pegawai produksi izin sakit}}{total \text{ pegawai produksi} \times \text{jumlah hari kerja}}$ | $= 1 - \frac{8568 \text{ jam}}{461563 \text{ jam}}$   | 97 %                |
|            | Pengembangan Diri  | $\frac{jumlah \text{ pegawai produksi training}}{total \text{ pegawai produksi}}$                                       | $= \frac{275}{389}$   | 70.7 %              |

### 6.5.3 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap Distribusi PT Z

Penggolongan aktivitas pada tahap distribusi dapat dilihat pada Tabel 6.55

Tabel 6.55 Penggolongan aktivitas pada Tahap Distribusi

| No             | Aktivitas                    | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |      |     |
|----------------|------------------------------|-----------|---|---|---|---|-----------------|------|-----|
|                |                              | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA | NVA |
| 1.             | Penyimpanan pada gudang      |           |   |   | V |   |                 |      | V   |
| 2.             | Pengiriman pada distributor  | V         |   |   |   |   | 1               |      |     |
| 3.             | Penyimpanan pada distributor |           |   |   | V |   |                 | V    |     |
| TOTAL          |                              |           |   |   |   |   | 1               | 1    | 1   |
| Persentase (%) |                              |           |   |   |   |   | 33 %            | 33%  | 33% |

Dari Tabel 6.55 Dapat diketahui bahwa pada tahap distribusi terdapat 33% aktivitas memberi nilai tambah (VA), 33% aktivitas penting namun tidak memberi nilai tambah (NNVA), dan 33% aktivitas tidak memberi nilai tambah pada produk

(NVA). Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap distribusi dapat dilihat pada Tabel 6.56

Tabel 6.56. Pengukuran Efisiensi pada Tahap Distribusi PT Z

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi   | Perhitungan                           | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|---|---------------------------------------|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | $1 - \frac{\text{LT rencana} - \text{LT aktual}}{\text{LT rencana}}$                              | Ketepatan pengiriman PO               | 86.61 %             |
|            | Biaya              | $\frac{\text{Value added cost}}{\text{Total cost}}$   | -                                     | -                   |
|            | Tingkat Persediaan | $\frac{\text{Jumlah produksi} - \text{jumlah tersimpan}}{\text{Total produksi}}$                  | $= \frac{89921}{95723}$               | 93.9 %              |
|            | Kualitas           | $\frac{\text{Jumlah produk terdistribusi} - \text{jumlah produk cacat}}{\text{Total pengiriman}}$ | $= \frac{139.468-0}{139468}$          | 100 %               |
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Jumlah konsumsi material value added}}{\text{Total material}}$                       | -                                     | -                   |
|            | Energi             | $\frac{\text{Jumlah konsumsi energi value added}}{\text{Total energi}}$                           | $= \frac{3300 L}{3300 L + 293.33 L}$  | 91.76 %             |
|            | Air                | $\frac{\text{Jumlah konsumsi air value added}}{\text{Total air}}$                                 | -                                     | -                   |
|            | Tanah              | $1 - \frac{\text{Total tanah} - \text{used value added} - \text{green land}}{\text{total tanah}}$ | $= 1 - \frac{29293-3312-1148}{29293}$ | 15.2%               |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Jumlah emisi value added}}{\text{Total emisi}}$                                      | $= \frac{8498}{9281}$                 | 91.6 %              |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{\text{Limbah yang dikelola}}{\text{Total material}}$                                       | $= \frac{0}{0}$                       | -                   |
| Sosial     | Kepuasan           | $\frac{\text{jumlah pegawai saat ini}}{\text{total pegawai}}$                                     | $= \frac{5}{5}$                       | 100 %               |
|            | Keselamatan        | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai kecelakaan}}{\text{total pegawai} - \text{jumlah hari kerja}}$    | $= 1 - \frac{0}{5 \times 260}$        | 100 %               |
|            | Kesehatan          | $1 - \frac{\text{jumlah pegawai izin sakit}}{\text{total pegawai} - \text{jumlah hari kerja}}$    | $= 1 - \frac{27}{5 \times 260}$       | 98 %                |
|            | Pengembangan Diri  | $\frac{\text{jumlah pegawai training}}{\text{total pegawai}}$                                     | $= \frac{0}{5}$                       | 0 %                 |

#### 6.5.4 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap Konsumsi PT Z

Penggolongan aktivitas pada tahap konsumsi dapat dilihat pada Tabel 6.57

Tabel 6.57 Penggolongan aktivitas pada Tahap Konsumsi

| No                    | Aktivitas                     | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |      |           |
|-----------------------|-------------------------------|-----------|---|---|---|---|-----------------|------|-----------|
|                       |                               | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA | NVA       |
| 1                     | Proses konsumsi oleh konsumen | V         |   |   |   |   | V               |      |           |
| <b>TOTAL</b>          |                               |           |   |   |   |   | <b>1</b>        |      | <b>0</b>  |
| <b>Persentase (%)</b> |                               |           |   |   |   |   | <b>100%</b>     |      | <b>0%</b> |

Dari Tabel 6.74 Dapat diketahui bahwa pada tahap konsumsi hanya ada 100 % kegiatan VA yaitu penggunaan aki pada kendaraan yang dimiliki oleh konsumen. (Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap konsumsi dapat dilihat pada Tabel 6.58

Tabel 6.58 Pengukuran Efisiensi pada Tahap Konsumsi PT Z

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi  | Perhitungan                     | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|--|---------------------------------|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | Umur hidup aktual/umur hidup rencana   | 1.5 tahun / 1.5 tahun           | 100%                |
|            | Biaya              | (1 – Biaya perawatan/biaya produksi)   |                                 |                     |
|            | Kualitas           | Tingkat complaint  | $= \frac{365}{351545}$          | 99%                 |
|            | Persediaan         | -  | -                               | -                   |
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Kebutuhan material aktual}}{\text{Kebutuhan material standar}}$       | -                               | -                   |
|            | Energi             | $\frac{\text{Kebutuhan energi aktual}}{\text{Kebutuhan energi standar}}$           | $= \frac{1.296 \text{ kwh}}{0}$ | 0 %                 |
|            | Air                | $\frac{\text{Kebutuhan air aktual}}{\text{Kebutuhan air standar}}$                 | $= \frac{6.1}{6.1}$             | 100 %               |
|            | Tanah              | $\frac{\text{Kebutuhan lahan aktual}}{\text{Kebutuhan lahan standar}}$             | -                               | 0 %                 |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Emisi yang dihasilkan}}{\text{Emisi standar}}$                        | -                               | -                   |
|            | Pengelolaan Limbah | $\frac{\text{Limbah yang dikelola}}{\text{Total material}}$                        | -                               | -                   |
| Sosial     | Kepuasan           | $\frac{\text{Jumlah dana CSR yang tersalurkan}}{\text{Dana CSR yang ditargetkan}}$ | $= \frac{200.000.000}{0}$       | 100 %               |
|            | Keselamatan        | -  | -                               | -                   |
|            | Kesehatan          | $1 - \frac{\text{eco cost}}{\text{Total eco cost}}$                                | -                               | 0 %                 |
|            | Pengembangan Diri  | $\frac{\text{Jumlah knowledge – sharing konsumen}}{\text{Jumlah konsumen}}$        |                                 | 100 %               |

### 6.5.5 Process Activity Mapping dan Pengukuran Efisiensi Tahap End of Life PT Z

Penggolongan aktivitas pada tahap *end of life* dapat dilihat pada Tabel 6.58

Tabel 6.58 Penggolongan aktivitas pada Tahap End of Life

| No             | Aktivitas                              | Aktivitas |   |   |   |   | Jenis Aktivitas |      |      |
|----------------|--|-----------|---|---|---|---|-----------------|------|------|
|                |  | O         | T | I | S | D | VA              | NNVA | NVA  |
| 1.             | Pembelian oleh pengepul                |           |   |   |   | V |                 |      | V    |
| 2.             | Pemisahan aki (crusher)                | V         |   |   |   |   | V               |      |      |
| 3.             | Smelting                               | V         |   |   |   |   | V               |      |      |
| 4.             | Refining & Alloying                    | V         |   |   |   |   | V               |      |      |
| 5.             | Casting                                | V         |   |   |   |   | V               |      |      |
| 6.             | Pengiriman pada PT Z & perusahaan lain |           | V |   |   |   |                 |      | V    |
| TOTAL          |  |           |   |   |   |   | 4               | 0    | 2    |
| Persentase (%) |  |           |   |   |   |   | 66%             | 0    | 34 % |



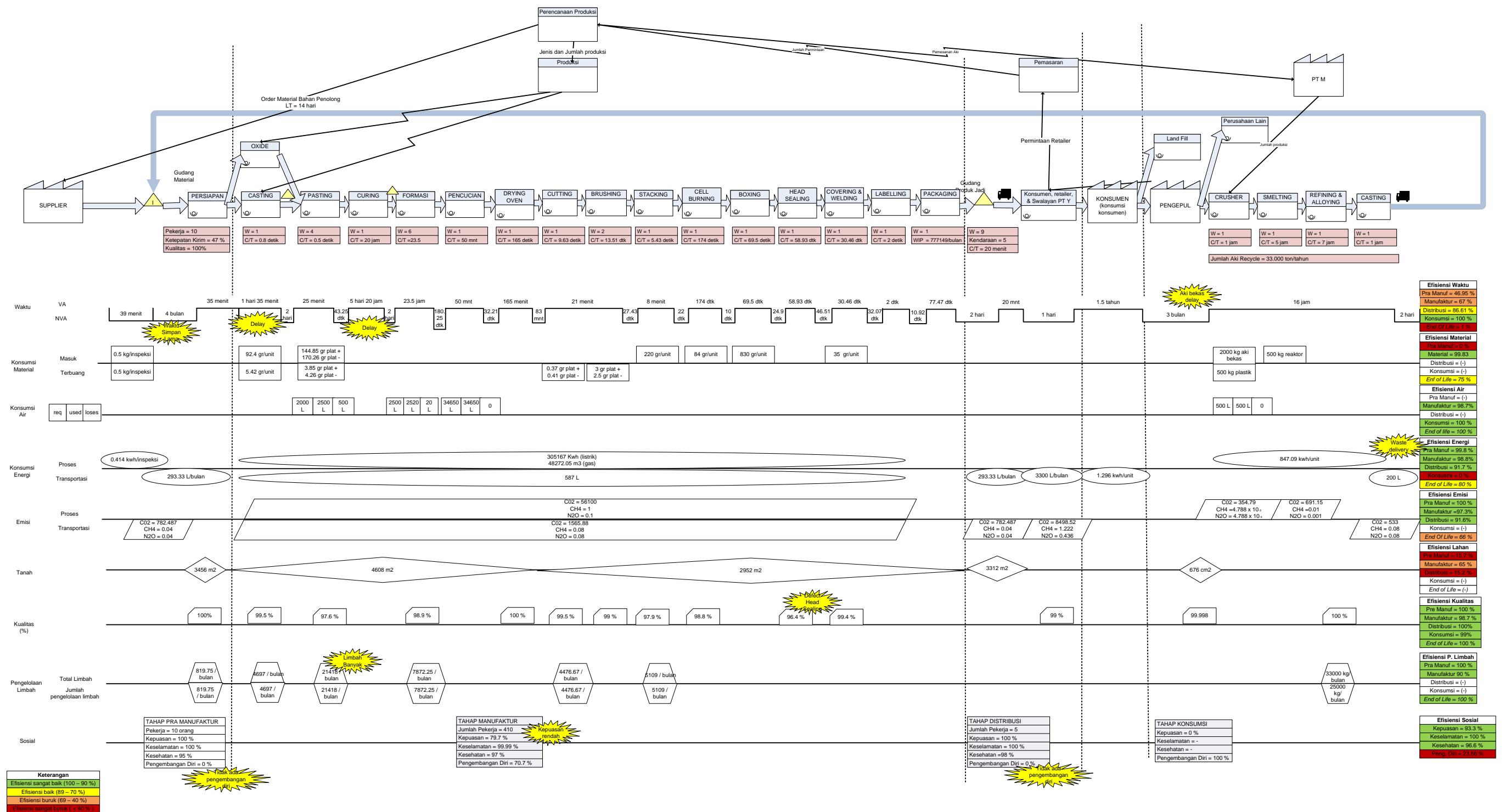
Dari Tabel 6.58 Dapat diketahui bahwa pada tahap end of life terdiri dari 66% aktivitas memberi nilai tambah (VA) dan 34 % kegiatan NVA. Kegiatan NVA diakibatkan oleh adanya rantai pembelian aki bekas melalui pengepul aki serta proses transportasi pengiriman aki pada PT Z. Nilai efisiensi pada setiap indikator pada tahap konsumsi dapat dilihat pada Tabel 6.59

Tabel 6.59 Pengukuran Efisiensi pada Tahap *End of Life* PT X

| Dimensi    | Indikator          | Efisiensi  | Perhitungan   | Nilai Efisiensi (%) |
|------------|--------------------|--|---|---------------------|
| Ekonomi    | Leadtime           | Waktu <i>value added</i> /total waktu proses renewable                                 | $= \frac{17 \text{ jam}}{2162 \text{ jam}}$   | 0.78 %              |
|            | Biaya              | Biaya proses renewable <i>value added</i> /total biaya                                 |   |                     |
|            | Tingkat Persediaan | $\frac{\text{Jumlah produk renewable}}{\text{Total produk pasca pakai}}$               | $= \frac{33000}{33000}$   | 100 %               |
|            | Kualitas           | $\frac{\text{Jumlah produk renewable berkualitas}}{\text{Total produk renewable}}$     | $= \frac{25000}{25000}$   | 100 %               |
| Lingkungan | Material           | $\frac{\text{Kebutuhan material value added proses renewable}}{\text{Total material}}$ | $= \frac{1500gr}{2000}$   | 75 %                |
|            | Energi             | $\frac{\text{Kebutuhan energi value added proses renewable}}{\text{Total energi}}$     | $= \frac{847 \text{ kwh}+320 \text{ L}+126 \text{ L}}{847 \text{ kwh}+320 \text{ L}+326 \text{ L}}$ | 80 %                |
|            | Air                | $\frac{\text{Kebutuhan air value added proses renewable}}{\text{Total air}}$           | $= \frac{500 \text{ L}}{500 \text{ L}}$   | 100 %               |
|            | Tanah              | $\frac{\text{Kebutuhan lahan value added proses renewable}}{\text{Total lahan}}$       | -   | -                   |
|            | Emisi              | $\frac{\text{Kebutuhan emisi value added proses renewable}}{\text{Total emisi}}$       | $= \frac{1045.94}{1579.46}$   | 66 %                |

## 6.6 Current LC-VSM PT Z

Hasil pengumpulan dan pengolahan data pada PT X digambarkan pada peta LC-VSM. Hasil peta LC-VSM dapat dilihat pada gambar 6.6.



Gambar 6.6 Life Cycle Value Stream Mapping (LC-VSM) PT Z

### 6.6.1 Analisa Hasil LC-VSM PT Z

Dari hasil Gambar 6.6 dapat dianalisis hasil sebagai berikut:

1. Analisis waktu: Waktu yang kurang efektif adalah waktu lama simpan pada tahap pra manufaktur, manufaktur, dan *end of life*. Waktu lama simpan yang terlalu lama pada tahap pra manufaktur menyebabkan biaya tinggi serta kemungkinan terjadinya kerusakan material akibat penyimpanan tinggi. Contohnya adalah timah kotor sehingga sebelum digunakan harus dilakukan pencucian terlebih dahulu pada timah. Proses penyimpanan pada proses *curing* dan *casting* menyebabkan terjadinya penyimpanan yang cukup lama melebihi standar waktu penyimpanan. Waktu pemborosan yang terlalu lama pada kegiatan pengembalian aki bekas adalah pengumpulan pada pengepul, hal ini menyebabkan sulitnya mengidentifikasi penyebaran produk dan tidak dapat dimanfaatkan maksimal oleh perusahaan pengelolaan aki bekas (B3).
2. Analisis Material: Material yang digunakan pada PT Z adalah timah. Pada tahap pra manufaktur roses yang tidak memberikan nilai tambah adalah proses inspeksi timah. Proses inspeksi ini membutuhkan 0.5 kg timah untuk dites pada mesin. Hasil dari inspeksi tidak digunakan kembali pada proses namun menjadi limbah. Proses produksi yang menghasilkan scrap terbesar adalah proses *casting*. Pada proses *casting*, dross yang dihasilkan akibat proses pencetakan yang kurang tepat serta adanya peleburan timah menghasilkan lumpur timah. Namun secara keseluruhan jumlah scrap yang terbangun setiap satu unit produk cukup rendah.
3. Analisis Air: Konsumsi air pada PT Z terdapat pada proses manufaktur. Yaitu untuk kegiatan *pasting*, formasi, dan pencucian plat. Secara keseluruhan nilai efisiensi pada konsumsi air sudah baik.
4. Analisis Energi: Energi yang memiliki nilai efisiensi terendah adalah proses charging oleh konsumen. Proses ini merupakan aktivitas yang tidak disarankan oleh perusahaan. Hal ini disebabkan oleh aktivitas ini tidak menjamin aki dapat digunakan, namun dampak pada konsumsi energi dan kerusakan pada kendaraan dapat terjadi. Selain pada aktivitas konsumsi, terdapat aktivitas yang membutuhkan energi cukup besar namun tidak memberikan nilai tambah yaitu proses pengiriman aki bekas kepada

perusahaan PT M dan aktivitas pengiriman timah hasil daur ulang kepada perusahaan. Jarak perusahaan dan perusahaan pengelolaan limbah aki bekas cukup jauh sehingga energi dan emisi yang dihasilkan dari proses transportasi ini cukup besar.

5. Analisis Emisi: Emisi yang kurang efektif adalah pada kegiatan transportasi dari pengiriman timah hasil daur ulang menuju perusahaan. Namun jumlah emisi yang dihasilkan terbesar adalah dari aktivitas proses produksi. Oleh karena itu jumlah produk cacat dapat menyebabkan peningkatan emisi yang dihasilkan.
6. Analisis tanah : PT Z kurang memaksimalkan penggunaan tanah untuk aktivitas bernilai tambah dan area lahan hijau
7. Analisis limbah: limbah yang tergolong cukup tinggi adalah limbah pada *pasting*, limbah ini berdampak pada penggunaan sumber daya yang terbuang secara sia-sia cukup besar dan menyebabkan biaya pengelolaan limbah yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh limbah yang terlalu tinggi menyebabkan perlu adanya proses transportasi yang semakin banyak untuk dikirim kepada perusahaan daur ulang timah.
8. Analisis sosial: secara keseluruhan kepuasan, kesehatan, dan keselamatan pekerja bernilai baik karena jarang terjadi pekerja resign, ketidakhadiran pekerja, dan kecelakaan kerja sepanjang siklus hidup produk. Namun kepuasan pekerja yang kurang maksimal adalah pada tahap manufaktur. Pada PT Z terdapat pengembangan diri pada tahap manufaktur namun tidak pada pekerja tahap pra manufaktur dan distribusi.

#### **6.6.2 Rancangan Perbaikan**

Dari hasil analisis peta LC-VSM, beberapa rancangan perbaikan yang dapat diberikan adalah:

1. Perancangan kebijakan baru bagi distributor/retailer untuk melakukan pengumpulan aki bekas dari penukaran aki baru pada pembelian konsumen serta melakukan pengembalian aki setiap proses pembelian aki baru pada perusahaan. Hal ini bertujuan untuk memudahkan mengidentifikasi pergerakan limbah aki bekas sehingga mudah untuk dilakukan proses daur

ulang. Kebijakan ini akan mengurangi kemungkinan aki bekas akan didaur ulang oleh pihak yang tidak memiliki izin untuk pengelolaan limbah B3. Pengelolaan oleh pihak yang tidak memiliki izin dapat memberikan dampak yang berbahaya bagi lingkungan dan sosial karena aki bekas merupakan limbah B3.

2. Aktivitas pengambilan limbah aki bekas dan pengiriman timah hasil daur ulang dapat dilakukan dalam satu waktu, hal ini bertujuan untuk mengefektifkan aktivitas transportasi. Apabila aktivitas ini dilakukan secara bersamaan maka energi yang dibutuhkan untuk kegiatan adalah satu kali transportasi.
3. Aktivitas pengembangan diri dilakukan tidak hanya untuk kegiatan produksi namun juga pada kegiatan lainnya seperti pada tahap pra manufaktur dan distribusi.
4. Penanaman area kosong dengan pohon besar yang mampu mengurangi emisi yang dihasilkan dari kegiatan produksi di perusahaan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB 7**

### **EVALUASI *APPLICABILITY* METODE DAN METODOLOGI LC-VSM**

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai hasil evaluasi *applicability* dalam menerapkan metode dan metodologi LC-VSM pada beberapa perusahaan manufaktur. Evaluasi *applicability* pada penelitian ini memperhatikan dua perspektif yaitu dari peneliti dan perusahaan (pengguna).

#### **7.1 *Applicability* Perspektif Peneliti**

Berikut ini akan dilakukan evaluasi *applicability* metode dan metodologi LC-VSM dari perspektif peneliti.

##### **7.3.1 *Applicability* Metode LC-VSM Perspektif Peneliti**

*Applicability* metode LC-VSM dari perspektif peneliti ditinjau dari perbandingan hasil LC-VSM, evaluasi metrik LC-VSM, kelebihan metode LC-VSM, dan kelemahan metode LC-VSM

##### **7.1.1.1 Perbandingan Hasil LC-VSM**

Berikut ini merupakan hasil pengukuran LC-VSM pada beberapa perusahaan manufaktur di Indonesia. Setiap nilai efisiensi diberikan warna dengan rentang nilai sebagai berikut:

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| Efisiensi sangat baik (90 – 100 %) | = hijau  |
| Efisiensi baik (70 – 89 %)         | = kuning |
| Efisiensi buruk (40 – 69 %)        | = orange |
| Efisiensi sangat buruk (< 40 %)    | = merah  |

Tabel 7.1 Perbandingan Hasil Pengukuran LC-VSM

| <b>Tahap Pra Manufaktur</b> |                    |                       |                       |                       |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Aspek</b>                | <b>Indikator</b>   | <b>Efisiensi PT X</b> | <b>Efisiensi PT Y</b> | <b>Efisiensi PT Z</b> |
| Ekonomi                     | Waktu              | 100 %                 | 52 %                  | 46.95 %               |
|                             | Tingkat Persediaan | 100 %                 | 99.8 %                | 100 %                 |
|                             | Kualitas           | 100 %                 | 100 %                 | 100 %                 |
|                             | Biaya              | -                     | -                     | -                     |
| Lingkungan                  | Konsumsi Material  | -                     | -                     | 0 %                   |
|                             | Konsumsi Air       | -                     | -                     | -                     |
|                             | Konsumsi Energi    | 0 %                   | 0 %                   | 99.8 %                |
|                             | Emisi              | 0 %                   | 0 %                   | 100 %                 |
|                             | Lahan              | 14 %                  | 7.3 %                 | 15.7 %                |
|                             | Pengelolaan Limbah | 0 %                   | 0 %                   | 100 %                 |
| Sosial                      | Kepuasan           | 100 %                 | 100 %                 | 100 %                 |
|                             | Kesehatan          | 95 %                  | 98.9 %                | 95%                   |
|                             | Keselamatan        | 100 %                 | 100 %                 | 100 %                 |
|                             | Pengembangan Diri  | 0 %                   | 0 %                   | 0 %                   |
| <b>Tahap Manufaktur</b>     |                    |                       |                       |                       |
| <b>Aspek</b>                | <b>Indikator</b>   | <b>Efisiensi PT X</b> | <b>Efisiensi PT Y</b> | <b>Efisiensi PT Z</b> |
| Ekonomi                     | Waktu              | 46 %                  | 93.3 %                | 67 %                  |
|                             | Tingkat Persediaan | 100 %                 | 97.7 %                | 97 %                  |
|                             | Kualitas           | 97 %                  | 97 %                  | 98.7 %                |
|                             | Biaya              | -                     | -                     | -                     |
| Lingkungan                  | Konsumsi Material  | 96.5 %                | 100 %                 | 99.83 %               |
|                             | Konsumsi Air       | 64 %                  | 71 %                  | 98.7 %                |
|                             | Konsumsi Energi    | 65 %                  | 90 %                  | 98.8 %                |
|                             | Emisi              | -                     | -                     | 97.3 %                |
|                             | Lahan              | 17 %                  | 10 %                  | 65 %                  |
|                             | Pengelolaan Limbah | 0 %                   | 0 %                   | 90 %                  |
| Sosial                      | Kepuasan           | 57.2 %                | 80.9 %                | 79.7 %                |
|                             | Kesehatan          | 97 %                  | 99.7 %                | 97 %                  |
|                             | Keselamatan        | 100 %                 | 100 %                 | 99.99 %               |
|                             | Pengembangan Diri  | 0 %                   | 0 %                   | 70.7 %                |
| <b>Tahap Distribusi</b>     |                    |                       |                       |                       |
| <b>Aspek</b>                | <b>Indikator</b>   | <b>Efisiensi PT X</b> | <b>Efisiensi PT Y</b> | <b>Efisiensi PT Z</b> |
| Ekonomi                     | Waktu              | 100 %                 | 100 %                 | 86.61 %               |
|                             | Tingkat Persediaan | 99 %                  | 99.78                 | 93.9 %                |
|                             | Kualitas           | 100 %                 | 99.8 %                | 100 %                 |
|                             | Biaya              | -                     | -                     | -                     |
| Lingkungan                  | Konsumsi Material  | -                     | -                     | -                     |
|                             | Konsumsi Air       | -                     | -                     | -                     |
|                             | Konsumsi Energi    | 100 %                 | 100 %                 | 91.7 %                |
|                             | Emisi              | 100 %                 | 100 %                 | 91.6%                 |
|                             | Lahan              | 12 %                  | 17 %                  | 15.2 %                |
|                             | Pengelolaan Limbah | -                     | 0 %                   | -                     |
| Sosial                      | Kepuasan           | 40 %                  | 100 %                 | 100 %                 |
|                             | Kesehatan          | 98.5 %                | 99.96 %               | 98 %                  |
|                             | Keselamatan        | 99.5 %                | 100 %                 | 100 %                 |
|                             | Pengembangan Diri  | 0 %                   | 0 %                   | 0 %                   |



Tabel 7.1 Perbandingan Hasil Pengukuran LC-VSM

| <b>Tahap Konsumsi</b>    |                    |                       |                       |                       |
|--------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Aspek</b>             | <b>Indikator</b>   | <b>Efisiensi PT X</b> | <b>Efisiensi PT Y</b> | <b>Efisiensi PT Z</b> |
| Ekonomi                  | Waktu              | 100 %                 | 100 %                 | 100 %                 |
|                          | Tingkat Persediaan | -                     | -                     | -                     |
|                          | Kualitas           | 100 %                 | 99,998 %              | 99 %                  |
|                          | Biaya              | -                     | -                     | -                     |
| Lingkungan               | Konsumsi Material  | -                     | -                     | -                     |
|                          | Konsumsi Air       | -                     | -                     | 100 %                 |
|                          | Konsumsi Energi    | 0 %                   | -                     | 0 %                   |
|                          | Emisi              | 0 %                   | -                     | -                     |
|                          | Lahan              | 100 %                 | 100 %                 | -                     |
|                          | Pengelolaan Limbah | 0 %                   | 0 %                   | -                     |
| Sosial                   | Kepuasan           | 0 %                   | 0 %                   | 100 %                 |
|                          | Kesehatan          | -                     | -                     | -                     |
|                          | Keselamatan        | -                     | -                     | -                     |
|                          | Pengembangan Diri  | 0 %                   | 100 %                 | 100%                  |
| <b>Tahap End Of Life</b> |                    |                       |                       |                       |
| <b>Aspek</b>             | <b>Indikator</b>   | <b>Efisiensi PT X</b> | <b>Efisiensi PT Y</b> | <b>Efisiensi PT Z</b> |
| Ekonomi                  | Waktu              | -                     | -                     | 1 %                   |
|                          | Tingkat Persediaan | -                     | -                     | -                     |
|                          | Kualitas           | 100 %                 | 100 %                 | 100 %                 |
|                          | Biaya              | -                     | -                     | -                     |
| Lingkungan               | Konsumsi Material  | -                     | -                     | 75 %                  |
|                          | Konsumsi Air       | -                     | -                     | 100 %                 |
|                          | Konsumsi Energi    | -                     | -                     | 80 %                  |
|                          | Emisi              | -                     | -                     | 66 %                  |
|                          | Lahan              | -                     | -                     | -                     |
|                          | Pengelolaan Limbah | 98 %                  | 100 %                 | 100 %                 |
| Sosial                   | Kepuasan           | -                     | -                     | -                     |
|                          | Kesehatan          | -                     | -                     | -                     |
|                          | Keselamatan        | -                     | -                     | -                     |
|                          | Pengembangan Diri  | -                     | -                     | -                     |

Dari hasil Tabel 7.1 dapat dilihat pada tahap pra manufaktur waktu yang memiliki tingkat efisiensi tertinggi adalah pada PT X, hal ini disebabkan oleh pada PT X pembelian material dilakukan oleh pihak PT X dan selama ini tidak terjadi keterlambatan akibat kesalahan supplier. Sedangkan pada PT Y dan PT Z performansi ketepatan waktu pengiriman material kepada perusahaan cenderung rendah. Pada indikator persediaan seluruh perusahaan telah baik karena seluruh material pada tahap pra manufaktur tidak terdapat material cacat akibat kesalahan proses penyimpanan. Pada indikator kualitas, keseluruhan material yang dibeli dan dikirim oleh supplier memiliki kualitas sesuai dengan spesifikasi yaitu 100 %.

Pada aspek lingkungan tahap pra manufaktur, perusahaan yang mengkonsumsi material adalah PT Y yaitu pada proses inspeksi menggunakan

destruktif material sehingga material yang diinspeksi akan menjadi limbah, sehingga perlu dilakukan efisiensi pada penggunaan material pada proses inspeksi. Pada tahap pra manufaktur seluruh perusahaan tidak mengkonsumsi air. Pada indikator energi, energi yang digunakan pada PT X dan PT Y adalah konsumsi bahan bakar untuk kendaraan pembelian material. PT X melakukan pembelian material dengan menggunakan kendaraan PT X karena jumlah pembelian tidak memenuhi jumlah minimum pembelian dan PT Y melakukan pembelian bahan baku air pada pacet dengan menggunakan 1 kendaraan PT Y, sedangkan pada PT Z energi yang dibutuhkan adalah bahan bakar untuk *forklift* sehingga energi yang dihasilkan untuk *forklift* merupakan energi yang bernilai tambah karena memudahkan dalam proses persiapan material pada proses produksi. Pada indikator emisi, emisi yang dihasilkan dari tahap pra manufaktur pada PT X dan PT Y akibat penggunaan bahan bakar kendaraan pembelian material, sedangkan pada PT Y adalah emisi untuk kendaraan *forklift*. Indikator lahan pada tahap pra manufaktur cenderung rendah, hal ini disebabkan oleh gudang material merupakan aktivitas yang tidak memberi nilai tambah pada suatu produk. Pada tahap indikator pengelolaan limbah, pada PT X dan PT Y tidak ada pengelolaan limbah, sedangkan PT Z terdapat pengelolaan limbah karena limbah yang dihasilkan sebagian besar adalah limbah B3.

Pada aspek sosial tahap pra manufaktur secara keseluruhan indikator kesehatan, kepuasan, dan keselamatan sudah baik, namun pada indikator pengembangan diri keseluruhan perusahaan belum melakukan training untuk pengembangan diri pekerja.

Pada tahap manufaktur yaitu pada aspek ekonomi indikator waktu pada PT X dan PT Z cenderung rendah. Hal ini disebabkan oleh PT X terdapat proses pencucian mesin untuk menjamin TDS air yang dihasilkan kurang dari 7. Berbeda dengan PT Y kualitas air dipenuhi sesuai dengan standar kualitas air minum yang diizinkan oleh kementerian lingkungan hidup, sehingga proses pencucian mesin dilakukan setiap 3 bulan sekali. Sedangkan pada PT Z terdapat waktu penyimpanan yang cukup lama pada proses *casting* dan *curing*. Pada indikator persediaan seluruh perusahaan telah baik karena tingkat WIP rendah. Pada indikator kualitas keseluruhan perusahaan memiliki kualitas yang baik.

Pada aspek lingkungan tahap manufaktur yaitu indikator konsumsi material, PT dan PT Y mengkonsumsi material pada umumnya untuk kemasan produk, namun pada PT X terdapat konsumsi bahan kimia yaitu HCL dan soda kaustik untuk proses pencucian mesin. Material bahan kimia diperhitungkan karena pencucian mesin dilakukan dua kali dalam satu atau pada setiap batch produksi (5200 L), sehingga tingkat konsumsi material pada PT X lebih rendah dibandingkan PT Y. Sedangkan pada PT Z konsumsi material utama adalah timah. Konsumsi timah pada PT Z sudah baik karena jumlah limbah yang dihasilkan per unit produk rendah. Pada indikator air tingkat efisiensi konsumsi air terendah adalah pada PT X akibat proses dilakukan secara manual serta terdapat proses pencucian mesin. Pada indikator konsumsi energi PT Y dan PT Z telah baik karena konsumsi energi dilakukan untuk aktivitas bernilai tambah, sedangkan pada PT X terdapat proses pencucian mesin sehingga energi yang dikeluarkan cukup tinggi. Untuk indikator emisi, PT X dan PT Y tidak menghasilkan emisi pada proses produksi karena energi yang digunakan adalah energi listrik, sedangkan pada PT Y emisi yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar solar untuk *forklift* serta gas dan listrik untuk mesin. Bahan bakar pada *forklift* merupakan aktivitas tidak bernilai tambah karena berfungsi untuk proses pemindahan material, sehingga emisi yang dihasilkan tidak bernilai tambah. Pada indikator lahan efisiensi terbesar adalah pada PT X karena sebanyak 65 % lahan digunakan untuk proses produksi dan lahan hijau. Pada tahap indikator pengelolaan limbah, pada PT dan PT Y tidak ada pengelolaan limbah, sedangkan PT Z terdapat pengelolaan limbah karena limbah yang dihasilkan sebagian besar adalah limbah B3.

Untuk aspek sosial tahap manufaktur, indikator kesehatan dan keselamatan pada seluruh perusahaan sudah baik. Sedangkan pada kepuasan pekerja, PT X memiliki tingkat kepuasan pekerja yang masih rendah. Hal ini disebabkan oleh lingkungan kerja yang kurang baik serta tingkat upah yang diberikan belum memenuhi UMR. Tingkat kepuasan pada PT Y dan PT Z tidak berbeda jauh dan masih tergolong baik namun perlu untuk ditingkatkan untuk mengurangi tingkat pekerja yang resign. Pada indikator pengembangan diri PT X dan PT Y tidak

terdapat pengembangan diri, sedangkan pada PT Z 70.7 % pekerja telah dilakukan training untuk pengembangan diri pekerja.

Pada tahap distribusi, waktu ketepatan pengiriman pada seluruh perusahaan telah baik, namun pada PT Z tingkat ketepatan masih 86,61 %. Hal ini disebabkan oleh tingginya permintaan dan banyaknya jenis aki yang dihasilkan, sehingga perlu dilakukan perhitungan waktu yang dijanjikan kepada konsumen. Pada indikator persediaan seluruh perusahaan telah baik karena seluruh produk dapat terdistribusi dengan baik. Pada indikator kualitas, keseluruhan produk yang terdistribusi memiliki kualitas baik.

Pada aspek lingkungan tahap distribusi tidak terdapat konsumsi material dan air pada seluruh perusahaan. Pada indikator energi, energi yang digunakan pada PT X dan PT Y adalah konsumsi bahan bakar untuk kendaraan pengiriman sedangkan pada PT Z selain untuk pengiriman pada konsumen juga digunakan *forklift* untuk proses pemindahan produk pada gudang. Sehingga efisiensi pada PT Z kurang dari 100 %. Pada indikator emisi, emisi yang dihasilkan dari tahap distribusi pada PT X dan PT Y akibat penggunaan bahan bakar kendaraan pengiriman produk, sedangkan pada PT Y adalah emisi untuk kendaraan *forklift* serta untuk kendaraan pengiriman produk. Indikator lahan pada tahap distribusi cenderung rendah, hal ini disebabkan oleh gudang produk jadi merupakan aktivitas yang tidak memberi nilai tambah pada suatu produk namun lahan pada bagian retailer merupakan aktivitas bernilai tambah karena berfungsi untuk memudahkan konsumen dalam mendapatkan produk. Pada tahap indikator pengelolaan limbah keseluruhan perusahaan tidak melakukan proses pengelolaan limbah pada tahap distribusi.

Untuk Aspek sosial tahap distribusi, indikator kesehatan dan keselamatan pada seluruh perusahaan sudah baik. Sedangkan pada kepuasan pekerja, PT X memiliki tingkat kepuasan pekerja yang masih rendah. Hal ini disebabkan oleh tingkat upah yang diberikan belum memenuhi UMR. Tingkat kepuasan pada PT Y dan PT sudah baik (100 %). Pada indikator pengembangan diri keseluruhan perusahaan belum melakukan training untuk pengembangan diri pekerja.

Pada tahap konsumsi, produk AMDK Galon PT X dan PT Y berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air konsumen sedangkan pada PT Z berfungsi untuk

memenuhi kebutuhan konsumen akan baterai pada kendaraan. Pada tahap konsumsi keseluruhan produk telah memenuhi usia produk sesuai dengan yang dijanjikan. Pada indikator kualitas didapatkan bahwa tingkat keluhan pada konsumen rendah atau keseluruhan kualitas produk yang didapatkan oleh konsumen telah baik.

Pada tahap konsumsi tidak terdapat konsumsi material pada seluruh jenis produk yang diproduksi oleh ketiga perusahaan. Untuk konsumsi air hanya terdapat pada PT Z yaitu pengisian air untuk aki kendaraan. Konsumsi air yang dilakukan oleh konsumen telah sesuai dengan standar yang ditentukan. Pada konsumsi energi pada PT X AMDK galon didapatkan bahwa terdapat beberapa konsumen yang melakukan pemanasan air dengan kompor atau pendinginan air dengan lemari pendingin. Hal ini menyebabkan adanya konsumsi energi yang diberikan tidak sesuai standar yang ditetapkan oleh produsen. Namun kegiatan ini tidak dapat dihindari disebabkan oleh kegiatan ini bernilai tambah bagi konsumen karena mampu memenuhi keinginan dan kebutuhan konsumen. Pada PT Y dari hasil kuesioner didapatkan bahwa konsumen PT Y tidak melakukan proses pendinginan dan pemanasan pada produk. Pada PT Z terdapat konsumsi energi disebabkan oleh konsumen melakukan pengechargean pada aki setelah aki tidak dapat digunakan, hal ini bertujuan untuk memperlama umur hidup produk. Kegiatan ini tidak dianjurkan oleh produsen disebabkan proses ini mampu merusak kendaraan. Sehingga pada tahap ini efisiensi energi PT Z adalah 0. Pada indikator emisi, emisi pada PT X sesuai dengan energi yang digunakan maka menghasilkan emisi pada kegiatan yang tidak bernilai tambah atau tidak sesuai dengan standar yang ditentukan oleh produsen. Pada PT Y dan PT Z tidak terdapat emisi. Lahan pada PT X dan PT Y adalah 100 % hal ini disebabkan oleh penggunaan lahan AMDK galon telah sesuai dengan lahan area yang distandarkan oleh produsen.

Pada aspek sosial kepuasan konsumen dinilai dari tingkat CSR perusahaan. Pada PT X dan PT Y tidak terdapat kegiatan CSR sehingga kepuasan konsumen 0 %, sedangkan pada PT Z terdapat kegiatan CSR sehingga efisiensi 100 %. Pada indikator pengembangan diri PT X tidak terdapat bagian pemasaran sehingga tidak terdapat proses pengenalan dan pemahaman produk lebih jauh kepada

konsumen. Sedangkan pada PT Y terdapat bagian pemasaran sehingga terdapat pengembangan pengetahuan konsumen terhadap produk.

Pada tahap *end of life*, produk yang telah digunakan oleh konsumen PT X dan PT Y akan dikembalikan kepada perusahaan melalui distributor ketika akan dilakukan proses pembelian ulang produk. Kegiatan ini mampu mengurangi dampak lingkungan dan sosial akibat kemasan galon yang berbahan plastik. Kegiatan ini sudah baik karena proses pengembalian produk dapat dilakukan langsung ketika proses pembelian ulang produk sehingga tidak terdapat aktivitas lain yang terbuang untuk kegiatan pengembalian dan penggunaan produk. Pada proses reuse galon maka kualitas yang dihasilkan adalah 100 % untuk seluruh perusahaan PT X dan PT Y. Tingkat pengelolaan limbah PT Y lebih baik dibandingkan dengan PT X. hal ini disebabkan oleh pada PT Y melakukan proses joint produk pada kemasan galon yang tidak dapat digunakan kembali, sedangkan pada PT X kemasan galon yang tidak dapat digunakan akan dijual kepada pengepul.

Tahap *end of life* pada produk aki, aki setelah dikonsumsi akan dijual kepada pengepul dan kemudian dilakukan proses pengolahan pada perusahaan pengelolaan limbah timah. Salah satu perusahaan tersebut adalah PT M. Proses pengelolaan limbah terdiri dari beberapa proses. Dari hasil perhitungan pada Tabel 7.1 diketahui bahwa konsumsi waktu untuk tahap *end of life* aki adalah 1 %, hal ini disebabkan oleh terdapat waktu tidak bernilai tambah seperti waktu pada pengepul dan waktu pengiriman pada perusahaan aki. Kualitas yang dihasilkan dari proses daur ulang aki adalah 100 %. Konsumsi material yang dihasilkan dari proses daur ulang produk adalah 75 % , hal ini disebabkan oleh 25 % aki terdiri dari bahan bukan timah atau pada umumnya berbahan plastik. Konsumsi air pada PT Z sudah baik yaitu 100 % karena tidak ada konsumsi air yang terbuang atau losses akibat kegiatan tidak bernilai tambah ketika proses daur ulang produk. Konsumsi energi pada PT Z kurang optimal karena selain energi listrik dan gas untuk mesin, terdapat konsumsi bahan bakar untuk proses pengiriman. Emisi yang dihasilkan dari proses daur ulang produk disebabkan oleh emisi bahan bakar kendaraan serta emisi akibat pembakaran gas mesin. Efisiensi emisi bernilai buruk karena terdapat aktivitas pengiriman yang cukup jauh dari konsumen akhir ke

pengepul hingga ke PT M serta PT M menuju PT Z. Pengelolaan limbah pada PT Z telah baik karena seluruh limbah dapat dikelola dengan baik.

Dari hasil penerapan LC-VSM didapatkan bahwa metode LC-VSM mampu menunjukkan performansi sustainabilitas berbagai ukuran perusahaan sepanjang siklus hidup produk dan mampu menunjukkan permasalahan dan pemborosan yang terjadi.

#### 7.1.1.2 Kesesuaian Metrik pada LC-VSM

Tabel 7.2 merupakan hasil observasi kesesuaian metrik pada metode LC-VSM dengan kebutuhan perusahaan. Rata-rata nilai pada setiap metrik yang lebih besar dari 3 (rata-rata  $>3$ ) dianggap penting bagi seluruh perusahaan. Pada Tabel 7.2 metrik dianggap sesuai apabila metrik yang dibutuhkan oleh perusahaan telah diperhitungkan pada LC-VSM.

Tabel 7.2 Metrik yang Berpengaruh Terhadap Tingkat Sustainability Perusahaan

| No.                              | Metrik                         | LC-VSM | PT X | PT Y | PT Z | Rata-rata | Status | Kesesuaian |
|----------------------------------|--------------------------------|--------|------|------|------|-----------|--------|------------|
| <b>Ekonomi Dan Operational :</b> |                                |        |      |      |      |           |        |            |
| 1                                | Waktu Proses                   | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 2                                | Waktu Persiapan Perubahan Part |        | 1    | 1    | 4    | 2.0       |        |            |
| 3                                | Downtime                       |        | 3    | 4    | 4    | 3.7       | V      | -          |
| 4                                | Waktu Setup                    |        | 1    | 2    | 4    | 2.3       |        |            |
| 5                                | Persediaan                     | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 6                                | Waktu Perpindahan Material     | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 7                                | Biaya                          | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 8.                               | Kualitas                       | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| <b>Environment :</b>             |                                |        |      |      |      |           |        |            |
| 9                                | Emisi CO2                      | V      | 2    | 3    | 4    | 3.0       | V      | V          |
| 10                               | Konsumsi Energi                | V      | 4    | 5    | 4    | 4.3       | V      | V          |
| 11                               | Limbah Berbahaya               | V      | 3    | 3    | 4    | 3.3       | V      | V          |
| 12                               | Limbah Material                | V      | 3    | 3    | 3    | 3.0       | V      | V          |
| 13                               | Limbah Pengepakan              | V      | 3    | 4    | 1    | 2.7       |        | X          |
| 14                               | Limbah Pengepakan Dari Plastik | V      | 3    | 4    | 1    | 2.7       |        | X          |
| 15                               | Limbah Air                     | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 16                               | Pengelolaan Limbah             | V      | 2    | 3    | 4    | 3.0       | V      | V          |
| 17                               | Konsumsi Material              | V      | 3    | 4    | 4    | 3.7       | V      | V          |
| 18                               | Konsumsi Air                   | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 19                               | Konsumsi Tanah                 | V      | 2    | 2    | 3    | 2.3       |        | X          |

Lanjutan Tabel 7.2 Metrik yang Berpengaruh Terhadap Tingkat *Sustainability* Perusahaan

| No.             | Metrik                          | LC-VSM | PT X | PT Y | PT Z | Rata-rata | Status | Kesesuaian |
|-----------------|---------------------------------|--------|------|------|------|-----------|--------|------------|
| <b>Social :</b> |                                 |        |      |      |      |           |        |            |
| 20              | Biodiversity                    |        | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | -          |
| 21              | Jumlah Jam Kerja                |        | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | -          |
| 22              | K3                              | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 23              | Tingkat Absensi Tenaga Kerja    | V      | 4    | 4    | 3    | 3.7       | V      | V          |
| 24              | Indeks Beban Kerja Tenaga Kerja |        | 3    | 3    | 3    | 3.0       | V      | -          |
| 25              | Kebisingan                      |        | 2    | 3    | 2    | 2.3       |        |            |
| 26              | Rasio Cacat/Defect              |        | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | -          |
| 27              | Komunitas Lokal                 |        | 1    | 3    | 3    | 2.3       |        |            |
| 28              | Rasio Ijin Sakit Tenaga Kerja   | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 29              | Training Tenaga Kerja           | V      | 2    | 2    | 4    | 2.7       |        | X          |
| 30              | Material Berbahaya              |        | 3    | 3    | 4    | 3.3       | V      | -          |
| 31              | Rasio Diversity                 |        | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | -          |
| <b>Analisis</b> |                                 |        |      |      |      |           |        |            |
| 32              | Efisiensi Waktu                 | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 33              | Efisiensi Material              | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 34              | Efisiensi Air                   | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 35              | Efisiensi Energi                | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 36              | Efisiensi Carbon Emission       | V      | 2    | 2    | 4    | 2.7       |        | X          |
| 37              | Efisiensi GHG Emission          | V      | 2    | 2    | 4    | 2.7       |        | X          |
| 38              | Efisiensi Tenaga Kerja (Sosial) | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 39              | Efisiensi Biaya                 | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 40              | Efisiensi Kualitas              | V      | 4    | 4    | 4    | 4.0       | V      | V          |
| 41              | Efisiensi Tanah                 | V      | 3    | 4    | 4    | 3.7       | V      | V          |
| Total           |                                 | 30     |      |      |      |           | 31     | 24         |

Dari hasil Tabel 7.2 dapat diketahui bahwa metrik yang digunakan LC-VSM adalah 5 metrik ekonomi, 11 metrik lingkungan, 4 metrik sosial, dan 10 analisis. Keseluruhan metrik yang digunakan adalah 30 metrik dari 41 metrik yang banyak digunakan oleh peneliti lain dalam mengukur sustainability. Dari hasil kuesioner yang disebarkan kepada ketiga perusahaan didapatkan bahwa indikator yang dirasa penting untuk mengukur tingkat sustainabilitas perusahaan adalah 6 metrik ekonomi, 8 metrik lingkungan, 9 metrik sosial, dan 8 analisis. Sehingga tingkat kesesuaian indikator pada LC-VSM dengan kebutuhan indikator pada ketiga perusahaan adalah untuk indikator ekonomi 5 indikator (100 %) telah sesuai namun masih ada satu indikator yang belum teridentifikasi pada LC-VSM yaitu



downtime. Pada indikator lingkungan didapatkan 8 indikator yang sesuai (72 %) dan 3 indikator yang tidak perlu diidentifikasi pada LC-VSM yaitu limbah pengepakan, limbah pengepakan plastic, dan konsumsi tanah. Pada indikator sosial didapatkan 3 indikator yang sesuai (75 %), 1 indikator yang tidak perlu diidentifikasi pada LC-VSM yaitu training pekerja, dan 6 indikator yang perlu ditambahkan pada LC-VSM yaitu biodiversitas, jumlah jam kerja, beban kerja, rasio cacat, material berbahaya, dan rasio diversitas. Pada indikator analisis terdapat 8 indikator sesuai (80%) dan 2 indikator tidak perlu diidentifikasi pada LC-VSM yaitu emisi karbon dan emisi GHG.

Sehingga secara keseluruhan, 30 metrik yang dipertimbangkan oleh LC-VSM sebanyak 24 metrik telah memenuhi kebutuhan metrik pada ketiga perusahaan, 6 metrik pada LC-VSM dirasa kurang penting bagi ketiga perusahaan, dan 7 metrik dirasa penting oleh ketiga perusahaan belum dipertimbangkan pada LC-VSM. Sehingga metrik LC-VSM telah memenuhi kebutuhan ketiga perusahaan sebesar 77 %.

#### **7.1.1.3 Kelebihan Metode LC-VSM**

Metode pengembangan VSM dan konsep sustainability pada seluruh tahapan siklus hidup atau pada metode ini disebut dengan LC-VSM, telah dibuktikan oleh penerapan pada beberapa perusahaan bahwa LC-VSM memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode VSM konvensional. Kelebihan tersebut adalah:

1. VSM terbatas pada evaluasi aspek ekonomi yang ditunjukkan oleh pengukuran efisiensi waktu produksi yaitu perbandingan antara aktivitas *value added* atau bernilai tambah dengan aktivitas tidak bernilai tambah atau *non value added*. Sedangkan pada LC-VSM tidak hanya mengukur efisiensi waktu namun dilakukan pula pengukuran aspek ekonomi lainnya (kualitas, tingkat persediaan, dan biaya), aspek lingkungan (konsumsi material, air, energi, emisi, pengelolaan limbah, dan tanah), dan aspek sosial (kesehatan, kepuasan, keselamatan, dan pengembangan diri).
2. LC-VSM tidak hanya fokus pada proses produksi suatu produk namun keseluruhan tahapan siklus hidup produk (pra manufaktur, manufaktur,

distribusi, konsumsi, dan *end of life*) sehingga keterkaitan suatu permasalahan pada ketiga aspek dapat dievaluasi lebih luas, detail, dan mudah untuk segera diselesaikan.

3. Analisis dengan menggunakan LC-VSM didasarkan oleh proses pengumpulan dan pengolahan data kuantitatif sehingga hasil yang diberikan dapat dipercaya dan mudah untuk dianalisis inti permasalahan pada proses sepanjang siklus hidup produk pada keseluruhan aspek (ekonomi, lingkungan, dan sosial).
4. LC-VSM menggunakan peta yang berfungsi sebagai perantara antar muka pengguna sehingga memudahkan pengguna untuk melihat hubungan antara arus informasi dan arus material yang terdiri dari tiga aspek yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan pada seluruh tahapan siklus hidup produk
5. LC-VSM dapat memperlihatkan secara pasti ketidakefisienan indikator pada setiap aspek dan setiap tahapan siklus hidup produk
6. LC-VSM dapat digunakan sebagai alat analisis yang digunakan untuk mengembangkan rencana strategis perusahaan untuk meningkatkan sistem yang lebih efisien dan lebih sustainable pada seluruh tahap siklus hidup produk.
7. LC-VSM memiliki lingkup area masalah yang luas. Metode LC-VSM mampu memiliki lingkup area masalah dengan cakupan luas yaitu mulai dari permasalahan sustainability mencakup ekonomi, sosial, lingkungan dengan lingkup eksternal dan internal. Hal ini merupakan keunggulan utama dari metode LC-VSM untuk menganalisa ketidakefisienan aspek *sustainability* pada seluruh siklus hidup produk. Sehingga permasalahan yang dapat diselesaikan tidak hanya pada tahap manufaktur. Hal ini bertujuan untuk menghasilkan produk yang ramah lingkungan dan sustainable secara keseluruhan. Permasalahan yang ditemukan pada lingkup eksternal diharapkan dapat diminimalisir pada kegiatan internal, sehingga produk tidak memberikan dampak lingkungan dan sosial yang besar ketika telah didistribusikan.
8. LC-VSM memiliki lingkup solusi yang luas. LC-VSM menggunakan *interface* yaitu sebuah peta yang menggambarkan keseluruhan keterkaitan

aliran informasi dan material pada seluruh siklus hidup produk sehingga memudahkan dalam menganalisa pokok permasalahan dan pengambilan keputusan untuk perbaikan permasalahan menuju sistem yang *sustainable*. Solusi yang dihasilkan dapat mempengaruhi rencana strategis perusahaan pada tahap pra manufaktur, manufaktur, distribusi, konsumsi, dan pasca konsumsi.

#### **7.1.1.4 Kelemahan Metode LC-VSM**

Selain memiliki kelebihan, metode LC-VSM juga memiliki kekurangan antara lain yaitu:

1. Metode LC-VSM sulit mengidentifikasi permasalahan pada lingkup eksternal seperti proses distribusi dari proses distributor menuju distributor lainnya serta pada proses konsumsi. Pada umumnya proses distribusi yang memiliki rantai distribusi panjang melibatkan banyak pihak sehingga tidak dapat diidentifikasi setiap aspek yang dikonsumsi pada setiap distributor dan retailer, hal ini disebabkan oleh penggunaan suatu indikator bergantung pada kebijakan suatu retailer dan sudah tidak menjadi tanggung jawab perusahaan internal. Pada umumnya hal yang dapat diidentifikasi dari tahap distribusi melalui tingkat keluhan. Tingkat energi dan emisi tidak dapat diidentifikasi pada rantai distribusi yang panjang. Sama halnya dengan proses konsumsi oleh konsumen, jumlah konsumen yang terlalu banyak sulit untuk mengidentifikasi secara pasti proses konsumsi produk apakah telah sesuai standar yang ditentukan. Oleh karena itu perlu dilibatkan bagian pemasaran untuk mengidentifikasi perilaku konsumen untuk dapat dikembangkan sebagai proses perbaikan pada lingkup internal maupun eksternal. Sehingga pada bagian ini pemilihan distributor terbesar diharapkan dapat mewakili performansi distributor lainnya, dan penyebaran kuesioner pada beberapa konsumen telah dapat mewakili perilaku dari keseluruhan konsumen.
2. Lingkup area yang terlalu luas menyebabkan dibutuhkan banyak interpretasi pada peta LC-VSM, hal ini berdampak pada interpretasi membutuhkan keahlian. Beberapa pihak perusahaan merasa kesulitan

dalam menginterpretasikan apabila tidak mempelajari LC-VSM terlebih dahulu.

3. Peningkatan pengambilan keputusan terhadap suatu permasalahan pada LC-VSM dapat ditingkatkan dengan penggunaan alat / tools pendukung lainnya seperti diagram fishbone, 5 why, FMEA, dan sebagainya.
4. LC-VSM sebatas pada identifikasi permasalahan utama dan sebagai alat untuk meningkatkan performansi sustainabilitas, namun belum mampu mengidentifikasi akar permasalahan utama.

#### **7.1.2 *Applicability* Metodologi LC-VSM Perspektif Peneliti**

Dalam penerapan LC-VSM tidak dapat terhindar dari berbagai permasalahan. Pada bagian ini akan diidentifikasi tantangan penerapan LC-VSM dengan menggunakan tiga kriteria yaitu ketersediaan data, waktu pengumpulan data, tingkat dukungan perusahaan, dan kebutuhan sumber daya manusia. Tantangan penerapan pada ketiga kriteria tersebut dirangkum pada Tabel 7.3 untuk PT X, Tabel 7.4 untuk PT Y, dan 7.5 untuk PT Z.

Tabel 7.3 Tantangan Penerapan LC-VSM pada AMDK Galon PT X

| Tahap          | Aspek             | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan  |   |
|----------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|---|---|
|                |                   |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |   |   |
| Pra Manufaktur | Ekonomi           | Lead time (waktu)  |                   | V              |                        | V      |      | V                   |         | Belum pernah dilakukan pengukuran waktu   |   |
|                |                   | Kualitas           |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Kualitas material tidak dilakukan inspeksi dengan baik, tidak ada pencatatan terhadap kualitas material |   |
|                |                   | Persediaan         | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Persediaan material dicatat dengan baik   |   |
|                |                   | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka   |   |
|                | Lingkungan        | Material           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | -   | Tidak ada konsumsi material   |
|                |                   | Air                | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | -   | Tidak ada konsumsi air  |
|                |                   | Energi             |                   | V              |                        | V      |      | V                   |         |   | Tidak ada pencatatan pembelian bahan bakar dengan baik                    |
|                |                   | Emisi              |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       |   | Belum pernah dilakukan pengukuran emisi                                   |
|                |                   | Tanah              |                   | V              |                        | V      |      | V                   |         |   | Belum pernah dilakukan pengukuran dan penggambaran layout area perusahaan |
|                |                   | Pengelolaan Limbah |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       |   | Tidak terdapat pencatatan terhadap limbah yang dibuang dan dikelola       |
|                |                   | Sosial             | Kesehatan         | V              |                        | V      |      |                     |         | V   |   |
|                | Keselamatan       |                    |                   | V              | V                      |        |      |                     |         | V   | Tidak terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar                 |
|                | Kepuasan          |                    |                   | V              | V                      |        |      |                     |         |   | Tidak terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar                 |
|                | Pengembangan Diri |                    |                   | V              | V                      |        |      |                     |         | V   | Tidak terdapat training untuk pengembangan diri                           |
| Total          |                   |                    | 2                 | 10             | 7                      | 4      | 1    | 3                   | 8       |   |   |

Lanjutan Tabel 7.3 Tantangan Penerapan LC-VSM pada AMDK Galon PT X

| Tahap      | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan   |
|------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|--|
|            |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |  |
| Manufaktur | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   | V              |                        |        | V    | V                   |         | Belum pernah dilakukan pengukuran waktu  |
|            |            | Kualitas           |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       | Kualitas produk jadi cacat tidak dilakukan inspeksi dengan baik, tidak ada pencatatan terhadap kualitas. |
|            |            | Persediaan         |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       | WIP tidak dilakukan pencatatan dengan baik   |
|            |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka  |
|            | Lingkungan | Material           |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Konsumsi material sebatas pada bahan packaging   |
|            |            | Air                |                   | V              |                        |        | V    | V                   |         | Belum pernah dilakukan pengukuran konsumsi air setiap unit produk dengan pasti                           |
|            |            | Energi             |                   | V              |                        |        | V    | V                   |         | Belum pernah dilakukan pengukuran konsumsi energi setiap unit produk dengan pasti                        |
|            |            | Emisi              |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       | Belum pernah dilakukan pengukuran emisi  |
|            |            | Tanah              |                   | V              |                        | V      |      | V                   |         | Belum pernah dilakukan pengukuran dan penggambaran layout area perusahaan                                |
|            |            | Pengelolaan Limbah |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Tidak terdapat pencatatan terhadap limbah yang dibuang dan dikelola                                      |
|            | Sosial     | Kesehatan          | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Absensi pekerja dicatat dengan baik  |
|            |            | Keselamatan        |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Tidak terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar  |
|            |            | Kepuasan           |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Tidak terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar  |
|            |            | Pengembangan Diri  |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Tidak terdapat training untuk pengembangan diri  |
| Total      |            |                    | 1                 | 13             | 6                      | 4      | 4    | 4                   | 10      |  |

Lanjutan Tabel 7.3 Tantangan Penerapan LC-VSM pada AMDK Galon PT X

| Tahap      | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan   |   |
|------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|--|---|
|            |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |  |   |
| Distribusi | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   | V              |                        |        | V    | V                   |         | Belum pernah dilakukan pengukuran waktu  |   |
|            |            | Kualitas           |                   | V              |                        | V      |      | V                   |         | Kualitas produk cacat akibat pengiriman tidak dilakukan pencatatan dengan baik |   |
|            |            | Persediaan         | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Persediaan jumlah produksi yang terdistribusi dicatat dengan baik              |   |
|            |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka  |   |
|            | Lingkungan | Material           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | -  | Tidak ada konsumsi material   |
|            |            | Air                | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | -  | Tidak ada konsumsi air  |
|            |            | Energi             |                   | V              |                        |        | V    | V                   |         |  | Tidak ada pencatatan pembelian bahan bakar                                |
|            |            | Emisi              |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       |  | Belum pernah dilakukan pengukuran emisi                                   |
|            |            | Tanah              |                   | V              | V                      |        |      |                     |         | V  | Belum pernah dilakukan pengukuran dan penggambaran layout area perusahaan |
|            |            | Pengelolaan Limbah |                   | V              | V                      |        |      |                     |         | V  | Tidak terdapat pencatatan terhadap limbah yang dibuang dan dikelola       |
|            | Sosial     | Kesehatan          | V                 |                | V                      |        |      |                     |         | V  | Absensi pekerja dicatat dengan baik                                       |
|            |            | Keselamatan        |                   | V              | V                      |        |      |                     |         | V  | Tidak terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar                 |
|            |            | Kepuasan           |                   | V              | V                      |        |      |                     |         | V  | Tidak terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar                 |
|            |            | Pengembangan Diri  |                   | V              | V                      |        |      |                     |         | V  | Tidak terdapat training untuk pengembangan diri                           |
| Total      |            |                    | 2                 | 10             | 7                      | 2      | 3    | 3                   | 9       |  |   |

Lanjutan Tabel 7.3 Tantangan Penerapan LC-VSM pada AMDK Galon PT X

| Tahap    | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan   |
|----------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|--|
|          |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |  |
| Konsumsi | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   | V              |                        |        | V    | V                   |         | Belum pernah dilakukan pengukuran waktu konsumsi konsumen                        |
|          |            | Kualitas           |                   | V              |                        | V      |      | V                   |         | jumlah komplain dicatat dengan baik  |
|          |            | Persediaan         | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak dilakukan pengukuran persediaan  |
|          |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka  |
|          | Lingkungan | Material           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | Tidak ada konsumsi material  |
|          |            | Air                | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | Tidak ada konsumsi air   |
|          |            | Energi             |                   | V              |                        |        | V    | V                   |         | Konsumen terkadang menggunakan AMDK Galon dengan dipanaskan atau didinginkan     |
|          |            | Emisi              | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada emisi yang dihasilkan  |
|          |            | Tanah              |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | tidak ada pencatatan konsumsi lahan konsumen dalam mengkonsumsi AMDK Galon       |
|          |            | Pengelolaan Limbah |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Tidak terdapat pencatatan terhadap limbah yang dikelola                          |
|          | Sosial     | Kesehatan          | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak dilakukan pengukuran eco cost  |
|          |            | Keselamatan        | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak dilakukan pengukuran keselamatan   |
|          |            | Kepuasan           |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | PT X tidak ada target CSR dan CSR dilakukan sebatas pemberian sponsor.           |
|          |            | Pengembangan Diri  |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | PT X tidak melakukan pencatatan sharing knowledge dan tidak ada bagian pemasaran |
| Total    |            |                    | 0                 | 8              | 4                      | 1      | 3    | 3                   | 5       |  |



Lanjutan Tabel 7.3 Tantangan Penerapan LC-VSM pada AMDK Galon PT X

| Tahap       | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan   |
|-------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|--|
|             |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |  |
| End of Life | Ekonomi    | Lead time (waktu)  | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | Galon dikembalikan langsung pada retailer sehingg tidak ada waktu tambahan untuk reuse |
|             |            | Kualitas           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | dilakukan pencatatan jumlah galon cacat  |
|             |            | Persediaan         | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak terdapat persediaan galon reuse  |
|             |            | Biaya              | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak terdapat biaya   |
|             | Lingkungan | Material           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada konsumsi material  |
|             |            | Air                | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada konsumsi air   |
|             |            | Energi             | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada konsumsi energi  |
|             |            | Emisi              | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada emisi yang dihasilkan  |
|             |            | Tanah              | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada konsumsi tanah   |
|             |            | Pengelolaan Limbah | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | jumlah limbah galon yang reuse dan tidak dilakukan pencatatan                          |
|             | Sosial     | Kesehatan          | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada tambahan pekerja reuse   |
|             |            | Keselamatan        | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada tambahan pekerja reuse   |
|             |            | Kepuasan           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada tambahan pekerja reuse   |
|             |            | Pengembangan Diri  | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada tambahan pekerja reuse   |
| Total       |            |                    | 2                 | 0              | 2                      | 0      | 0    | 0                   | 2       |  |
| Grand Total |            |                    | 7                 | 41             | 26                     | 11     | 11   | 13                  | 34      |  |

Tabel 7.4 Tantangan Penerapan LC-VSM pada AMDK Galon PT Y

| Tahap          | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan  |
|----------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|---|
|                |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |   |
| Pra Manufaktur | Ekonomi    | Lead time (waktu)  | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Performansi ketepatan pengiriman supplier dilakukan pencatatan dengan baik  |
|                |            | Kualitas           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Kualitas material dilakukan inspeksi dengan baik dan dilakukan pencatatan   |
|                |            | Persediaan         | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Persediaan material dicatat dengan baik dan jumlah kerusakan material karena proses penyimpanan dicatat dengan baik |
|                |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka   |
|                | Lingkungan | Material           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | Tidak ada konsumsi material   |
|                |            | Air                | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | Tidak ada konsumsi air  |
|                |            | Energi             | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Terdapat pencatatan pembelian bahan bakar dengan baik   |
|                |            | Emisi              |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       | Belum pernah dilakukan pengukuran emisi   |
|                |            | Tanah              | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | terdapat layout area penggunaan lahan   |
|                |            | Pengelolaan Limbah |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | tidak terdapat pencatatan pengelolaan limbah  |
|                | Sosial     | Kesehatan          | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | Absensi pekerja dicatat dengan baik pada induk perusahaan   |
|                |            | Keselamatan        | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | pencatatan kecelakaan kerja dilakukan dengan baik pada induk perusahaan   |
|                |            | Kepuasan           | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | Terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar pada induk perusahaan   |
|                |            | Pengembangan Diri  |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Tidak terdapat training untuk pengembangan diri   |
| Total          |            |                    | 8                 | 4              | 7                      | 4      | 1    | 3                   | 9       |   |

Lanjutan Tabel 7.4 Tantangan Penerapan LC-VSM pada AMDK Galon PT Y

| Tahap      | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan   |
|------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|--|
|            |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |  |
| Manufaktur | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       | tidak ada pencatatan waktu   |
|            |            | Kualitas           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Kualitas produk jadi cacat dilakukan inspeksi dengan baik, dan dilakukan pencatatan terhadap kualitas. |
|            |            | Persediaan         | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | persediaan WIP dilakukan pencatatan dengan baik  |
|            |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka  |
|            | Lingkungan | Material           |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Konsumsi material sebatas pada bahan packaging   |
|            |            | Air                | V                 |                |                        | V      |      |                     | V       | konsumsi air dilakukan pencatatan dengan baik  |
|            |            | Energi             | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | konsumsi energi listrik pada proses produksi dilakukan pencatatan dengan baik                          |
|            |            | Emisi              |                   |                |                        |        |      |                     |         | tidak ada emisi  |
|            |            | Tanah              | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | terdapat layout area penggunaan lahan  |
|            |            | Pengelolaan Limbah |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Tidak terdapat pencatatan terhadap limbah yang dikelola  |
|            | Sosial     | Kesehatan          | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | Absensi pekerja dicatat dengan baik pada induk perusahaan  |
|            |            | Keselamatan        | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | pencatatan kecelakaan kerja dilakukan dengan baik pada induk perusahaan                                |
|            |            | Kepuasan           | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | Terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar pada induk perusahaan                              |
|            |            | Pengembangan Diri  |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Tidak terdapat training untuk pengembangan diri  |
| Total      |            |                    | 8                 | 5              | 7                      | 5      | 1    | 3                   | 10      |  |

Lanjutan Tabel 7.4 Tantangan Penerapan LC-VSM pada AMDK Galon PT Y

| Tahap      | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan   |   |
|------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|--|---|
|            |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |  |   |
| Distribusi | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   | V              |                        | V      |      | V                   |         | Belum pernah dilakukan pengukuran waktu  |   |
|            |            | Kualitas           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Kualitas produk cacat akibat pengiriman tidak dilakukan pencatatan dengan baik.r |   |
|            |            | Persediaan         | V                 |                | V                      |        |      |                     |         | Jumlah produk terdistribusi dilakukan pencatatan dengan baik                     |   |
|            |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka  |   |
|            | Lingkungan | Material           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | -  | Tidak ada konsumsi material   |
|            |            | Air                | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | -  | Tidak ada konsumsi air  |
|            |            | Energi             | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       |  | Terdapat pencatatan pembelian bahan bakar                                 |
|            |            | Emisi              |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       |  | Belum pernah dilakukan pengukuran emisi                                   |
|            |            | Tanah              |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       |  | terdapat layout area penggunaan lahan                                     |
|            |            | Pengelolaan Limbah |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       |  | Tidak terdapat pencatatan terhadap limbah yang dikelola                   |
|            | Sosial     | Kesehatan          | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         |  | Absensi pekerja dicatat dengan baik pada induk perusahaan                 |
|            |            | Keselamatan        | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         |  | pencatatan kecelakaan kerja dilakukan dengan baik pada induk perusahaan   |
|            |            | Kepuasan           | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         |  | Terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar pada induk perusahaan |
|            |            | Pengembangan Diri  |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       |  | Tidak terdapat training untuk pengembangan diri                           |
| Total      |            |                    | 6                 | 6              | 5                      | 6      | 1    | 4                   | 7       |  |   |

Lanjutan Tabel 7.4 Tantangan Penerapan LC-VSM pada AMDK Galon PT Y

| Tahap    | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan  |
|----------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|---|
|          |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |   |
| Konsumsi | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Belum pernah dilakukan pengukuran waktu konsumsi konsumen                                 |
|          |            | Kualitas           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | jumlah komplain dicatat dengan baik   |
|          |            | Persediaan         | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak dilakukan pengukuran persediaan   |
|          |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka   |
|          | Lingkungan | Material           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | Tidak ada konsumsi material   |
|          |            | Air                | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | Tidak ada konsumsi air  |
|          |            | Energi             | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada konsumsi energi   |
|          |            | Emisi              | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada emisi yang dihasilkan   |
|          |            | Tanah              |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | tidak ada pencatatan konsumsi lahan konsumen dalam mengkonumsi AMDK Galon                 |
|          |            | Pengelolaan Limbah |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | Tidak terdapat pencatatan terhadap limbah yang dikelola                                   |
|          | Sosial     | Kesehatan          | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak dilakukan pengukuran eco cost   |
|          |            | Keselamatan        | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak dilakukan pengukuran keselamatan  |
|          |            | Kepuasan           |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | PT Y tidak memiliki CSR karena CSR dilakukan induk perusahaan                             |
|          |            | Pengembangan Diri  |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | PT Y tidak melakukan pencatatan sharing knowledge, sehingga sebatas pada bagian pemasaran |
| Total    |            |                    | 1                 | 6              | 5                      | 0      | 2    | 0                   | 7       |   |

Lanjutan Tabel 7.4 Tantangan Penerapan LC-VSM pada AMDK Galon PT Y

| Tahap       | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan  |
|-------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|---|
|             |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |   |
| End of Life | Ekonomi    | Lead time (waktu)  | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | Galon dikembalikan langsung pada retailer sehingga tidak ada waktu tambahan untuk reuse |
|             |            | Kualitas           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | dilakukan pencatatan jumlah galon cacat dan jumlah galon joint produk                   |
|             |            | Persediaan         | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak terdapat persediaan galon reuse   |
|             |            | Biaya              | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak terdapat biaya  |
|             | Lingkungan | Material           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada konsumsi material   |
|             |            | Air                | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada konsumsi air  |
|             |            | Energi             | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada konsumsi energi   |
|             |            | Emisi              | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada emisi yang dihasilkan   |
|             |            | Tanah              | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada konsumsi tanah  |
|             |            | Pengelolaan Limbah | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | jumlah limbah galon yang reuse dan tidak dilakukan pencatatan                           |
|             | Sosial     | Kesehatan          | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada tambahan pekerja reuse  |
|             |            | Keselamatan        | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada tambahan pekerja reuse  |
|             |            | Kepuasan           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada tambahan pekerja reuse  |
|             |            | Pengembangan Diri  | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada tambahan pekerja reuse  |
| Total       |            |                    | 2                 | 0              | 2                      | 0      | 0    | 0                   | 2       |   |
| Grand Total |            |                    | 25                | 21             | 26                     | 15     | 5    | 10                  | 35      |   |

Tabel 7.5 Tantangan Penerapan LC-VSM pada Aki PT Z

| Tahap          | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan   |   |
|----------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|--|---|
|                |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |  |   |
| Pra Manufaktur | Ekonomi    | Lead time (waktu)  | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Performansi ketepatan pengiriman supplier dilakukan pencatatan dengan baik |   |
|                |            | Kualitas           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Kualitas material dilakukan inspeksi dengan baik dan dilakukan pencatatan  |   |
|                |            | Persediaan         | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Persediaan material dicatat dengan baik                                    |   |
|                |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka  |   |
|                | Lingkungan | Material           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | -  | Tidak ada konsumsi material                           |
|                |            | Air                | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | -  | Tidak ada konsumsi air                                |
|                |            | Energi             | V                 |                | V                      |        |      |                     |         | V  | Terdapat pencatatan pembelian bahan bakar dengan baik |
|                |            | Emisi              |                   | V              |                        | V      |      |                     |         | V  | Belum pernah dilakukan pengukuran emisi               |
|                |            | Tanah              | V                 |                | V                      |        |      |                     |         | V  | terdapat layout area penggunaan lahan                 |
|                |            | Pengelolaan Limbah | V                 |                | V                      |        |      |                     |         | V  | Terdapat pencatatan pengelolaan limbah                |
|                | Sosial     | Kesehatan          | V                 |                | V                      |        |      |                     |         | V  | Absensi pekerja dicatat dengan baik                   |
|                |            | Keselamatan        | V                 |                | V                      |        |      |                     |         | V  | pencatatan kecelakaan kerja dilakukan dengan baik     |
|                |            | Kepuasan           | V                 |                | V                      |        |      |                     |         | V  | Terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar   |
|                |            | Pengembangan Diri  | V                 |                | V                      |        |      |                     |         | V  | Terdapat pencatatan training untuk pengembangan diri  |
| Total          |            |                    | 10                | 2              | 10                     | 1      | 1    |                     | 12      |  |   |

Lanjutan Tabel 7.5 Tantangan Penerapan LC-VSM pada Aki PT Z

| Tahap      | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan   |
|------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|--|
|            |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |  |
| Manufaktur | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   | V              |                        | V      |      | V                   |         | tidak ada pencatatan waktu   |
|            |            | Kualitas           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Kualitas produk jadi cacat dilakukan inspeksi dengan baik, dan dilakukan pencatatan terhadap kualitas. |
|            |            | Persediaan         | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Jumlah WIP dilakukan pencatatan dengan baik  |
|            |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka  |
|            | Lingkungan | Material           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Konsumsi material dicatat dengan baik  |
|            |            | Air                | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | konsumsi air dilakukan pencatatan dengan baik  |
|            |            | Energi             | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | konsumsi energi listrik pada proses produksi dilakukan pencatatan dengan baik                          |
|            |            | Emisi              | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | terdapat uji emisi   |
|            |            | Tanah              | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | terdapat layout area penggunaan lahan  |
|            |            | Pengelolaan Limbah | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Terdapat pencatatan terhadap limbah yang dikelola  |
|            | Sosial     | Kesehatan          | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Absensi pekerja dicatat dengan baik pada induk perusahaan  |
|            |            | Keselamatan        | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | pencatatan kecelakaan kerja dilakukan dengan baik pada induk perusahaan                                |
|            |            | Kepuasan           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar pada induk perusahaan                              |
|            |            | Pengembangan Diri  | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Tidak terdapat training untuk pengembangan diri  |
| Total      |            |                    | 12                | 2              | 12                     | 1      | 1    | 1                   | 11      |  |



Lanjutan Tabel 7.5 Tantangan Penerapan LC-VSM pada Aki PT Z

| Tahap      | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan   |
|------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|--|
|            |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |  |
| Distribusi | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       | Belum pernah dilakukan pengukuran waktu                                    |
|            |            | Kualitas           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Kualitas produk cacat akibat pengiriman dilakukan pencatatan dengan baik.r |
|            |            | Persediaan         | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Jumlah produk terdistribusi dilakukan pencatatan dengan baik               |
|            |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka  |
|            | Lingkungan | Material           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | Tidak ada konsumsi material  |
|            |            | Air                | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | Tidak ada konsumsi air   |
|            |            | Energi             | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Terdapat pencatatan pembelian bahan bakar                                  |
|            |            | Emisi              |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       | Belum pernah dilakukan pengukuran emisi                                    |
|            |            | Tanah              |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       | tidak terdapat layout area penggunaan lahan                                |
|            |            | Pengelolaan Limbah | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Terdapat pencatatan terhadap limbah yang dikelola                          |
|            | Sosial     | Kesehatan          | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Absensi pekerja dicatat dengan baik  |
|            |            | Keselamatan        | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | pencatatan kecelakaan kerja dilakukan dengan baik                          |
|            |            | Kepuasan           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Terdapat pencatatan jumlah pegawai masuk dan keluar                        |
|            |            | Pengembangan Diri  | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Terdapat training untuk pengembangan diri                                  |
| Total      |            |                    | 8                 | 4              | 8                      | 3      | 1    | 0                   | 12      |  |

Lanjutan Tabel 7.5 Tantangan Penerapan LC-VSM pada Aki PT Z

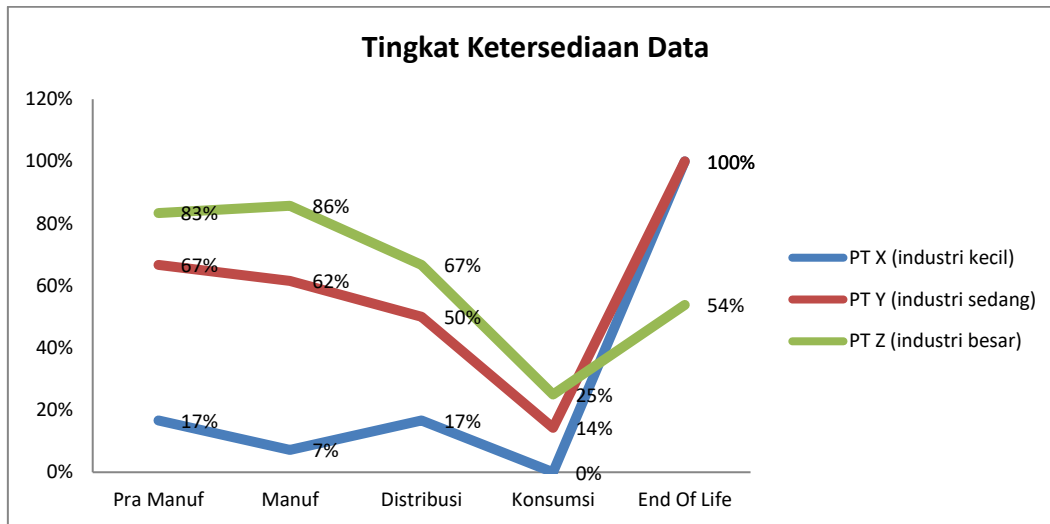
| Tahap    | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan  |
|----------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|---|
|          |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |   |
| Konsumsi | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Belum pernah dilakukan pengukuran waktu konsumsi konsumen                                 |
|          |            | Kualitas           | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | jumlah komplain dicatat dengan baik   |
|          |            | Persediaan         | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada pengukuran persediaan   |
|          |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka   |
|          | Lingkungan | Material           | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | Tidak ada konsumsi material   |
|          |            | Air                |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       | Belum ada pengukuran konsumsi air   |
|          |            | Energi             |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       | Belum ada pengukuran konsumsi energi  |
|          |            | Emisi              | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada emisi yang dihasilkan   |
|          |            | Tanah              | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak ada konsumsi tanah  |
|          |            | Pengelolaan Limbah | V                 |                | V                      |        |      |                     | V       | Terdapat pencatatan terhadap limbah yang dikelola   |
|          | Sosial     | Kesehatan          | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak dilakukan pengukuran eco cost   |
|          |            | Keselamatan        | -                 | -              | -                      | -      | -    | -                   | -       | tidak dilakukan pengukuran keselamatan  |
|          |            | Kepuasan           |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | PT Z melakukan CSR setiap tahun namun tidak terdapat target CSR                           |
|          |            | Pengembangan Diri  |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | PT Z tidak melakukan pencatatan sharing knowledge, sehingga sebatas pada bagian pemasaran |
| Total    |            |                    | 2                 | 6              | 4                      | 2      | 2    | 0                   | 8       |   |

Lanjutan Tabel 7.5 Tantangan Penerapan LC-VSM pada Aki PT Z

| Tahap       | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan   |
|-------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|--|
|             |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |  |
| End of Life | Ekonomi    | Lead time (waktu)  | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | Waktu dilakukan pencatatan dengan baik               |
|             |            | Kualitas           | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | dilakukan pencattan dengan baik kualitas aki recycle |
|             |            | Persediaan         | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | Persediaan dicatat dengan baik                       |
|             |            | Biaya              |                   | V              |                        |        | V    |                     | V       | Biaya tidak terbuka                                  |
|             | Lingkungan | Material           | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | Tidak ada konsumsi material                          |
|             |            | Air                | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | Data konsumsi air dicatat dengan baik                |
|             |            | Energi             | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | Data konsumsi energi dicatat dengan baik             |
|             |            | Emisi              |                   | V              |                        | V      |      |                     | V       | belum pernah dilakuakn pengukuran emisi              |
|             |            | Tanah              |                   |                |                        |        |      |                     |         | Layout tidak tersedia                                |
|             |            | Pengelolaan Limbah | V                 |                |                        | V      |      | V                   |         | Jumlah limbah yang diolah dicatat dengan baik        |
|             | Sosial     | Kesehatan          |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | tidak ada data                                       |
|             |            | Keselamatan        |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | tidak ada data                                       |
|             |            | Kepuasan           |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | tidak ada data                                       |
|             |            | Pengembangan Diri  |                   | V              | V                      |        |      |                     | V       | tidak ada data                                       |
| Total       |            |                    | 7                 | 6              | 4                      | 8      | 1    | 7                   | 6       |  |
| Grand Total |            |                    | 39                | 20             | 38                     | 15     | 6    | 8                   | 49      |  |

### 7.1.2.1 Ketersediaan data

Dari pengukuran hambatan yang dihadapi selama proses penerapan LC-VSM yaitu dari kriteria ketersediaan data, waktu pengumpulan data, dan dukungan perusahaan dalam pengumpulan data didapatkan kesimpulan sebagai berikut:



Gambar 7.1 Perbandingan tingkat ketersediaan data

Dari hasil gambar 7.1 dapat dilihat bahwa PT Z atau industri besar cenderung memiliki ketersediaan data pada tahap pra manufaktur, manufaktur, dan distribusi yang cukup memadai. Tingkat persaingan yang cukup tinggi menyebabkan PT Z membutuhkan data yang spesifik untuk mengevaluasi sistem yang dimiliki sehingga mampu memenuhi standar nasional dan internasional, mampu memiliki *kompetitive advantage*, serta mampu memenangkan persaingan industri yang tinggi. Selain dari itu PT Z telah mempedulikan dampak lingkungan dan sosial dari kegiatan perusahaan yang dilandasi oleh produk yang diproduksi merupakan produk B3. Sehingga pengukuran dampak lingkungan sosial serta konsep sustainability telah diperhatikan dengan baik.

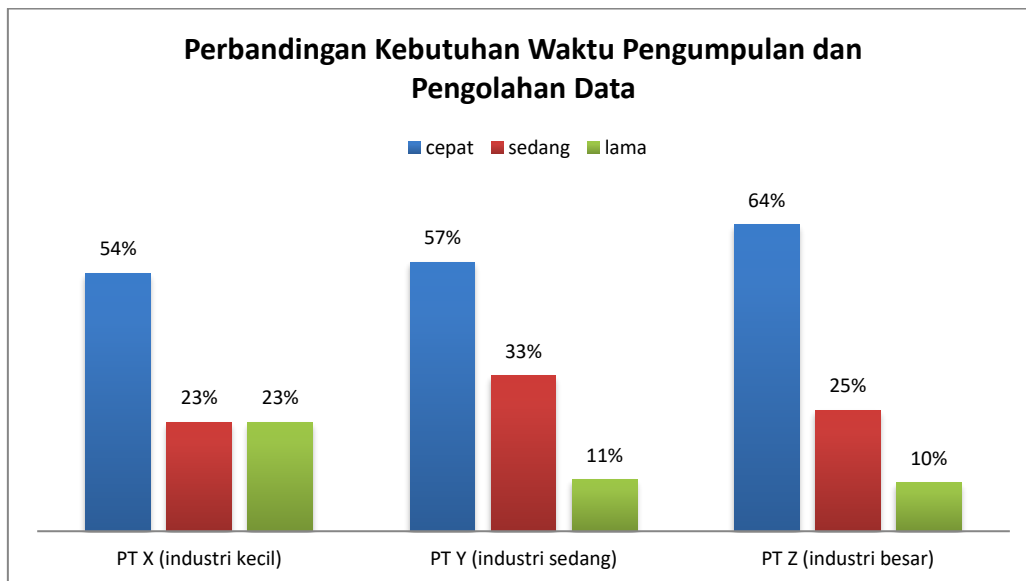
Berbeda dengan PT X dan PT Y ketersediaan data masih kurang lengkap (kurang dari 70 %) hal ini disebabkan oleh kepedulian perusahaan mengenai konsep *sustainability* masih belum diperhatikan dengan baik mengingat produk yang dihasilkan merupakan produk yang ramah lingkungan. Namun PT Y memiliki ketersediaan yang lebih lengkap dibandingkan PT X. Hal ini disebabkan

oleh PT Y memiliki *management* perusahaan yang baik sehingga terdapat aturan yang pasti mengenai proses pencatatan data, proses aliran informasi, dan proses aliran material. Selain itu disamping memiliki *management* yang baik, PT Y memiliki ketersediaan sumber daya yang cukup sehingga mampu melakukan pembagian tugas dengan baik. Sedangkan pada PT X kurangnya ketersediaan data dilandasi oleh PT X masih dalam tahap pengembangan perusahaan dimana PT X baru merintis bisnisnya 7 tahun. Sehingga masih memerlukan perbaikan *management* pada perusahaan.

Pada tahap konsumsi keseluruhan perusahaan cenderung tidak melakukan observasi secara langsung dan pencatatan mengenai pengukuran aspek sustainability sehingga ketersediaan data pada tahap ini kurang tersedia. Pada tahap *end of life*, PT X dan PT Y melakukan *reuse* produk galon setelah air minum dalam kemasan galon selesai dikonsumsi. Proses *reuse* galon tanpa proses tambahan, sehingga produk galon kosong dikembalikan langsung oleh konsumen pada proses pembelian ulang. Tahap *end of life* pada AMDK galon PT X dan PT Y hanya mempertimbangkan kualitas dan jumlah produk *reuse* yang dapat digunakan sehingga data tersedia. Management limbah pada AMDK galon dengan pengembalian galon telah baik dan mampu mengurangi dampak lingkungan dan sosial akibat limbah plastik (galon) yang dihasilkan. Sedangkan pada PT aki, limbah aki bekas dilakukan proses pengolahan limbah (*recycle*) untuk menjadi timah bahan baku pembuatan aki baru, sehingga terdapat aktivitas tambahan untuk memproses limbah aki. Oleh karena itu pada tahap *end of life* aki dibutuhkan ketersediaan data yang memadai. Pada PT Z ketersediaan data pada tahap *end of life* adalah 54 %.

Dari hasil pengukuran ketersediaan data didapatkan bahwa pada metodologi LC-VSM membutuhkan jenis data yang beragam pada setiap aspek dan indikator yang dihitung. Oleh karena itu perusahaan dengan ukuran industri besar memiliki kesiapan data yang lebih dibandingkan perusahaan dengan ukuran industri sedang dan kecil. Sehingga perusahaan besar lebih mudah dalam mengaplikasikan metodologi LC-VSM karena ketersediaan data yang dimiliki dan *management* yang baik.

### 7.1.2.2 Waktu Pengumpulan Data



Gambar 7.2 Perbandingan kebutuhan waktu pengumpulan dan pengolahan data

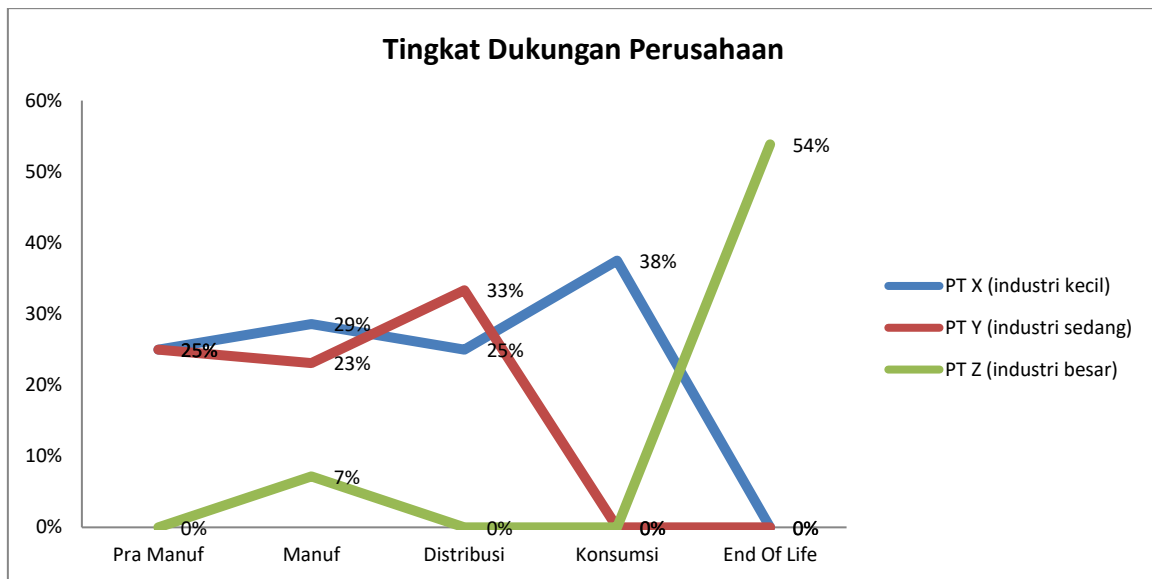
Terkait dengan ketersediaan data yang telah dijelaskan pada Gambar 7.1, ketersediaan data memberikan dampak pada waktu yang dibutuhkan dalam proses pengumpulan dan pengolahan data LC-VSM. Dapat dilihat dari gambar 7.2 bahwa PT Z memiliki kecenderungan waktu cepat ( $< 2$  hari) sebesar 64 % dari berbagai jenis data yang dibutuhkan dibandingkan dengan perusahaan lain. Hal ini sesuai dengan tingkat ketersediaan data pada PT Z lebih lengkap dibandingkan dengan perusahaan lain sehingga waktu pengumpulan dan pengolahan data cenderung lebih cepat. Sedangkan 25 % data membutuhkan waktu pengumpulan yang sedang (2-7 hari). Pengumpulan data yang membutuhkan waktu sedang pada umumnya terkait pada tahap *end of life*. Hal ini disebabkan oleh pada tahap *end of life* produk aki, aki bekas yang tidak digunakan dilakukan proses *recycle* pada perusahaan lain yang memiliki lokasi yang cukup jauh. Keterbatasan perbedaan lokasi produksi dan pengelolaan limbah aki bekas menyebabkan proses pengumpulan dan pengolahan data cukup membutuhkan waktu yang sedang. 10 % waktu pengumpulan dan pengolahan data pada PT Z cukup lama, hal ini terjadi pada tahap konsumsi dan *end of life*. Hal ini disebabkan oleh pengumpulan data

mengenai perilaku konsumen dalam mengkonsumsi produk dibutuhkan waktu yang cukup lama.

PT X dan PT Y proses pengumpulan dan pengolahan data cenderung lebih lambat dibandingkan dengan PT Z. Hal ini dapat dilihat bahwa data yang dapat dikumpulkan dan diolah dengan cepat sebesar 54 % untuk PT X dan 57 % untuk PT Y. Data dapat dikumpulkan dengan cepat akibat dari ketersediaan data. Sedangkan data dikumpulkan dalam waktu sedang umumnya dibutuhkan pada tahap pra manufaktur dan manufaktur ketika data tidak tersedia, seperti; pengukuran waktu, energi (bahan bakar kendaraan) tahap pembelian material, emisi, area konsumsi tanah, kualitas, dan persediaan. Pada PT Y pengumpulan data sedang pada aspek sosial disebabkan oleh absensi dan data K3 pekerja merupakan tanggung jawab perusahaan induk PT Y yaitu PT P, sehingga dibutuhkan proses pengumpulan data yang cukup lama. Proses pengumpulan data dalam waktu lama pada umumnya dibutuhkan pada proses pengumpulan data terkait biaya dan penyebaran kuesioner perilaku konsumen.

Dari hasil analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu pengumpulan data bergantung pada kesediaan data dan hubungan dengan pihak eksternal. Pengumpulan data semakin cepat apabila data telah tersedia sehingga tidak perlu melakukan observasi, serta pengumpulan data dan pengolahan data semakin cepat apabila pihak perusahaan memiliki kerja sama yang baik dan tujuan yang sama dengan pihak eksternal sehingga pengumpulan data pada pihak eksternal mudah untuk dilakukan.

### 7.1.2.3 Dukungan Perusahaan



Gambar 7.3 Perbandingan tingkat dukungan perusahaan

Dukungan perusahaan pada bagian ini diartikan oleh ketertarikan dan keterlibatan pihak perusahaan dalam proses pengumpulan dan pengolahan data terkait LC-VSM. Dari Gambar 7.3 dapat dilihat bahwa PT X dan PT Y memiliki ketertarikan dan mau terlibat dalam proses pengumpulan dan pengolahan data. Hal ini disebabkan oleh pihak perusahaan menginginkan hasil yang representative pada indikator yang diukur. Dukungan PT Y dan PT Z pada tahap distribusi tidak besar hal ini disebabkan oleh kedua perusahaan ini memiliki kerja sama yang baik pada bagian distributor/retailer/konsumen, sehingga data telah tersedia dan tidak membutuhkan keterlibatan banyak pihak perusahaan. Berbeda dengan PT X, belum adanya kerjasama dengan para distributor/retailer/konsumen menyebabkan tidak tersedianya data. Sehingga pada proses pengumpulan dan pengolahan data membutuhkan keterlibatan pihak distributor/retailer/konsumen. Pada tahap *end of life*, pihak perusahaan PT Z memberikan dukungan yang cukup besar pada proses pengumpulan dan pengelolaan limbah. Hal ini disebabkan oleh pengukuran pengelolaan limbah merupakan proses yang penting untuk diukur. Namun tidak memungkiri data yang tersedia tidak dapat memenuhi keseluruhan indikator pada LC-VSM karena perbedaan perusahaan dan lokasi yang cukup jauh.



Dari hasil analisa tersebut didapatkan bahwa perusahaan kecil dan sedang memiliki tingkat ketertarikan yang cukup tinggi pada penelitian *sustainability*, hal ini menunjukkan bahwa mereka masih mempedulikan aspek lingkungan dan sosial. Sedangkan pada perusahaan besar topik *sustainability* sudah dipertimbangkan sehingga ketertarikan pada penelitian *sustainability* kurang tinggi. Ketertarikan perusahaan membantu dalam proses pengumpulan dan pengolahan data sehingga ketertarikan perusahaan dan dukungan pada topik *sustainability* sangat penting bagi perusahaan untuk memudahkan dalam proses pengumpulan dan pengolahan data.

#### 7.1.2.4 Kebutuhan Sumber Daya yang Terlibat

Dalam proses penerapan LC-VSM melibatkan banyak sumber daya manusia. Berikut ini merupakan sumber daya yang dilibatkan dalam proses pengumpulan dan pencatatan data.

Tabel 7.6 Keterlibatan Sumber Daya Manusia

| Tahap          | Aspek      | Indikator          | Pihak Terlibat        |
|----------------|------------|--------------------|-----------------------|
| Pra Manufaktur | Ekonomi    | Waktu              | Admin gudang material |
|                |            | Tingkat Persediaan | Admin gudang material |
|                |            | Kualitas           | QC                    |
|                |            | Biaya              | Akuntan               |
|                | Lingkungan | Konsumsi Material  | Admin gudang material |
|                |            | Konsumsi Air       | Admin gudang material |
|                |            | Konsumsi Energi    | Manager Technical     |
|                |            | Emisi              | Manager Technical     |
|                |            | Lahan              | Admin gudang material |
|                |            | Pengelolaan Limbah | Bagian TPS Perusahaan |
|                | Sosial     | Kepuasan           | HRD                   |
|                |            | Kesehatan          | HRD                   |
|                |            | Keselamatan        | HRD                   |
|                |            | Pengembangan Diri  | HRD                   |
| Manufaktur     | Ekonomi    | Waktu              | Bagian Produksi       |
|                |            | Tingkat Persediaan | Bagian Produksi       |
|                |            | Kualitas           | Manager QC            |
|                |            | Biaya              | Akuntan               |
|                | Lingkungan | Konsumsi Material  | Bagian Produksi       |
|                |            | Konsumsi Air       | Bagian Produksi       |
|                |            | Konsumsi Energi    | Manager Tecnical      |
|                |            | Emisi              | Mangaer Tecnical      |
|                |            | Lahan              | Bagian produksi       |
|                |            | Pengelolaan Limbah | Bagian TPS            |

Lanjutan Tabel 7.6 Keterlibatan Sumber Daya Manusia

| <b>Tahap</b>       | <b>Aspek</b> | <b>Indikator</b>   | <b>Pihak Terlibat</b>                                       |
|--------------------|--------------|--------------------|---|
| Manufaktur         | Sosial       | Kepuasan           | HRD   |
|                    |              | Kesehatan          | HRD   |
|                    |              | Keselamatan        | HRD   |
|                    |              | Pengembangan Diri  | HRD   |
| Distribusi         | Ekonomi      | Waktu              | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor |
|                    |              | Tingkat Persediaan | Admin Gudang Jadi<br>Admin Distributor                      |
|                    |              | Kualitas           | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor |
|                    |              | Biaya              | Akuntan   |
|                    | Lingkungan   | Konsumsi Material  | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor |
|                    |              | Konsumsi Air       | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor |
|                    |              | Konsumsi Energi    | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor |
|                    |              | Emisi              | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor |
|                    |              | Lahan              | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor |
|                    |              | Pengelolaan Limbah | Bagian TPS Perusahaan                                       |
|                    | Sosial       | Kepuasan           | HRD   |
|                    |              | Kesehatan          | HRD   |
|                    |              | Keselamatan        | HRD   |
|                    |              | Pengembangan Diri  | HRD   |
| Konsumsi           | Ekonomi      | Waktu              | Pemasaran   |
|                    |              | Tingkat Persediaan | -   |
|                    |              | Kualitas           | Pemasaran   |
|                    |              | Biaya              | Pemasaran   |
|                    | Lingkungan   | Konsumsi Material  | Pemasaran   |
|                    |              | Konsumsi Air       | Pemasaran   |
|                    |              | Konsumsi Energi    | Pemasaran   |
|                    |              | Emisi              | Pemasaran   |
|                    |              | Lahan              | Pemasaran   |
|                    |              | Pengelolaan Limbah | Pemasaran   |
|                    | Sosial       | Kepuasan           | Pemasaran   |
|                    |              | Kesehatan          | Pemasaran   |
|                    |              | Keselamatan        | -   |
|                    |              | Pengembangan Diri  | Pemasaran   |
| <i>End Of Life</i> | Ekonomi      | Waktu              | Bagian Pengelolaan proses 6 R                               |
|                    |              | Tingkat Persediaan | Bagian Pengelolaan proses 6 R                               |
|                    |              | Kualitas           | Bagian Pengelolaan proses 6 R                               |
|                    |              | Biaya              | Bagian Pengelolaan proses 6 R                               |

Lanjutan Tabel 7.6 Keterlibatan Sumber Daya Manusia

| Tahap              | Aspek      | Indikator          | Pihak Terlibat                |
|--------------------|------------|--------------------|-------------------------------|
| <i>End Of Life</i> | Lingkungan | Konsumsi Material  | Bagian Pengelolaan proses 6 R |
|                    |            | Konsumsi Air       | Bagian Pengelolaan proses 6 R |
|                    |            | Konsumsi Energi    | Bagian Pengelolaan proses 6 R |
|                    |            | Emisi              | Bagian Pengelolaan proses 6 R |
|                    |            | Lahan              | Bagian Pengelolaan proses 6 R |
|                    |            | Pengelolaan Limbah | Bagian Pengelolaan proses 6 R |
|                    | Sosial     | Kepuasan           | Bagian Pengelolaan proses 6 R |
|                    |            | Kesehatan          | Bagian Pengelolaan proses 6 R |
|                    |            | Keselamatan        | Bagian Pengelolaan proses 6 R |
|                    |            | Pengembangan Diri  | Bagian Pengelolaan proses 6 R |

Dari Tabel 7.6 dapat diketahui bahwa untuk menerapkan metodologi LC-VSM dibutuhkan sumberdaya manusia yang terlibat. Hal ini disebabkan oleh LC-VSM bertujuan untuk menggambarkan keseluruhan performansi *sustainability* produk sepanjang siklus hidup produk sehingga harus melibatkan banyak pihak.

#### 7.1.2.5 Kelebihan Metodologi LC-VSM

Kelebihan dari metodologi LC-VSM adalah metodologi LC-VSM telah memiliki penentuan aspek dan indikator sehingga proses pengerjaan memiliki runtutan yang jelas. Selain hal tersebut metodologi LC-VSM menggunakan hampir keseluruhan data yang dimiliki oleh perusahaan sehingga data dapat dimanfaatkan dengan baik secara komprehensif.

#### 7.1.2.6 Kelemahan Metodologi LC-VSM

Dengan melakukan penerapan metodologi LC-VSM dan pengukuran efisiensi pada setiap indikator pada seluruh tahap siklus hidup produk didapatkan beberapa kelemahan dari metodologi LC-VSM yaitu

1. Dalam proses pengumpulan dan pengolahan data membutuhkan beragam data sesuai dengan aspek dan indikator yang diukur
2. Dalam proses pengumpulan dan pengolahan data melibatkan banyak sumber daya manusia dari pihak internal dan eksternal
3. Kebutuhan performansi yang dibutuhkan setiap perusahaan berbeda sehingga sulit untuk menggeneralisasikan antar perusahaan.
4. Terdapat beberapa pengukuran efisiensi yang kurang sesuai  
Beberapa pengukuran efisiensi yang kurang sesuai adalah:

- a. Pengukuran efisiensi pada indikator waktu (*lead time*) pada tahap pra manufaktur dan distribusi. Pengukuran efisiensi ini kurang tepat disebabkan oleh waktu pada tahap manufaktur diartikan oleh Hartini et al (2016) adalah waktu yang dibutuhkan oleh supplier untuk memenuhi pemesanan material. Pada kenyataan pada pengumpulan data setiap material utama dan pendukung memiliki waktu LT rencana dan actual yang berbeda setiap pemesanan dilakukan. Sehingga tidak dapat mengeneralisasikan waktu LT actual dan rencana pada material. Selain hal tersebut, konsep pengukuran *lead time* pada VSM konvensional dan beragam pengembangan VSM adalah perbandingan waktu antara aktivitas bernilai tambah (VA) dan tidak bernilai tambah (NVA). Faktanya pada peta LC-VSM yang digambarkan pada peta pada indikator LC-VSM adalah pergerakan material pada tahap persiapan material dimulai dari lama waktu pemesanan material, waktu lama pembelian material dengan kendaraan pribadi perusahaan, waktu lama proses inspeksi, hingga waktu lama pergerakan material (lama penyimpanan material pada gudang). Oleh karena itu pengukuran efisiensi pada tahap pra manufaktur dapat dipertimbangkan kembali oleh Hartini et al (2016) untuk menggunakan perbandingan waktu antara aktivitas bernilai tambah (VA) dan tidak bernilai tambah (NVA) pada tahap pra manufaktur. Aktivitas bernilai tambah pada tahap pra manufaktur seperti waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan material ketika akan digunakan oleh bagian produksi. Sedangkan aktivitas yang tidak bernilai tambah seperti proses inspeksi, pembelian dengan kendaraan pribadi perusahaan, dan lama waktu penyimpanan material pada gudang. Sama halnya dengan pengukuran waktu (*lead time*) pada tahap distribusi diartikan oleh Hartini et al (2016) sebagai perbandingan waktu pengiriman kepada konsumen secara aktual terhadap waktu rencana. Pengukuran ini kurang tepat karena tidak membandingkan antara waktu aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah pada proses distribusi. Pengukuran pada perbandingan

waktu pembelian pada supplier dan pengiriman pada distribusi yang sesuai rencana dapat dihitung sebagai produktivitas setiap tahap.

- 1) Produktivitas tahap pra manufaktur: Perbandingan jumlah material yang tepat kirim atau sesuai dengan LT yang direncanakan
  - 2) Produktivitas tahap manufaktur: perbandingan jumlah produksi yang tepat jumlah dengan rencana atau target produksi
  - 3) Produktivitas tahap distribusi: perbandingan jumlah produk yang terdistribusi kepada retailer/distributor/konsumen sesuai dengan rencana pengiriman.
  - 4) Produktivitas tahap konsumsi : -
  - 5) Produktivitas tahap end of life : perbandingan jumlah produk yang dapat di *reuse* terhadap jumlah rencana produk *reuse*.
- b. Pengukuran tingkat persediaan pada tahap pra manufaktur kurang tepat karena pada tahap ini tingkat persediaan diartikan oleh Hartini et al (2016) adalah jumlah material yang dapat digunakan ketika akan digunakan terhadap jumlah material yang dibeli. Hal ini berbeda dengan pengertian pada tingkat persediaan pada tahap lainnya seperti pada tahap manufaktur diartikan jumlah WIP, pada tahap distribusi adalah jumlah produk yang terdistribusi, dan tahap *end of life* adalah jumlah produk yang dapat direnewable. Sehingga pada tahap manufaktur dapat dipertimbangkan kembali untuk menggunakan pengukuran jumlah material yang digunakan.

### **7.1.3 Kesimpulan *Applicability* Metode dan Metodologi LC-VSM Perspektif Peneliti**

Metode LC-VSM *applicable* untuk digunakan. Hal ini sesuai dengan pengertian *applicability* yang bertujuan untuk mengetahui tingkat penerapan suatu metode/metodologi/konsep apakah telah mampu memenuhi tujuan yang ditentukan. Pada metode LC-VSM tujuan telah mampu terpenuhi dengan baik, hal ini dibuktikan pada proses penerpaan LC-VSM pada tiga perusahaan manufaktur didapatkan bahwa metode LC-VSM bermanfaat untuk mengidentifikasi dan

mengukur performansi *sustainability* suatu produk sepanjang siklus hidup produk. Selain hal tersebut LC-VSM memberikan banyak kelebihan dibandingkan kelemahan pada metode LC-VSM. Kelebihan metode LC-VSM adalah banyak kemanfaatan didapatkan pada metode LC-VSM bila dibandingkan VSM konvensional dan LC-VSM telah memenuhi 77 % kebutuhan metrik *sustainability*.

Namun terdapat kekurangan pada metode LC-VSM yaitu terletak pada proses pembangunan LC-VSM atau pada metodologi LC-VSM. Metodologi LC-VSM dinilai kurang *applicable* karena metode LC-VSM membutuhkan pengumpulan data dan pengolahan data yang cukup banyak, melibatkan banyak pihak dari internal dan eksternal, serta membutuhkan waktu yang cukup untuk proses pengumpulan dan pengolahan data. Sehingga LC-VSM lebih mudah digunakan untuk perusahaan yang memiliki tingkat kesiapan sumber daya manusia dan ketersediaan data. Dari hal tersebut meninjau tingkat kemanfaatan dan tingkat kesulitan yang dihadapi maka metode dan metodologi LC-VSM baik untuk digunakan namun membutuhkan perbaikan dan beberapa alat pendukung sebagai perantara mengurangi tingkat kesulitan yang dihadapi.

## **7.2 Hasil Evaluasi *Applicability* Perspektif Perusahaan (Pegguna)**

Evaluasi *applicability* dari perspektif pengguna dinilai dengan menggunakan kuesioner. Untuk memvalidasi kebenaran hasil kuesioner maka evaluator dievaluasi dengan menggunakan *expertise based of experts*. Berikut ini merupakan proses pengukuran *applicability* dari perspektif pengguna.

### **7.2.1 Hasil *Expertise Based Ranking of Experts***

Hasil dari kuesioner perbandingan kriteria metode aplikatif maka akan diolah menjadi informasi yang bermanfaat mengenai peringkat para *experts* dengan perhitungan sebagai berikut:

1. Mentransformasi nilai MPR menjadi FPR dan Membangun matrix opini setiap expert.

Tabel 7.8 Hasil Jawaban *experts* dengan MPR (Evaluator 1 PT X)

| Alternatif | X1  | X2  | X3  | X4 |
|------------|-----|-----|-----|----|
| X1         | 1   | 3   | 3   | 5  |
| X2         | 1/3 | 1   | 1/5 | 5  |
| X3         | 1/3 | 5   | 1   | 5  |
| X4         | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1  |

Contoh perhitungan transformasi nilai jawaban *experts* pada MPR menjadi FPR (alternatif 1 terhadap 2)

$$p_{ij} = g(a_{ij}) = \frac{1}{2}x(1 + \log_9 a_{ij})$$

$$p_{12} = \frac{1}{2}x(1 + \log 3) = 0.74$$

Hasil transformasi MPR menjadi nilai FPR adalah sebagai berikut:

Tabel 7.9 Hasil transformasi Matrix FPR (Evaluator 1 PT X)

| Alternatif | X1   | X2   | X3   | X4   |
|------------|------|------|------|------|
| X1         | 0.50 | 0.74 | 0.74 | 0.85 |
| X2         | 0.26 | 0.50 | 0.15 | 0.85 |
| X3         | 0.26 | 0.85 | 0.50 | 0.85 |
| X4         | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.50 |

2. Mengembangkan nilai estimasi dengan menggunakan salah satu rumus 2.10 hingga 2.12

Estimasi dengan menggunakan rumus 2.10

$$\varepsilon p_{ik}^{j1} = p_{ij} + p_{jk} - \frac{1}{2}, \quad j \neq i, k$$

$$\varepsilon p_{12}^{j1} = p_{1j} + p_{j2} - \frac{1}{2}, \quad j \neq 1, 2$$

$$j = 3 \rightarrow \varepsilon p_{12}^{31} = p_{13} + p_{32} - \frac{1}{2} = 0.74 + 0.85 - 0.5 = 1.09$$

$$j = 4 \rightarrow \varepsilon p_{12}^{41} = p_{14} + p_{42} - \frac{1}{2} = 0.85 + 0.15 - 0.5 = 0.5$$

Dari pengukuran yang serupa didapatkan hasil estimasi nilai sebagai berikut:

Tabel 7.10 Hasil Estimasi Nilai Sebelum Transformasi

|     | Nilai Aktual | Estimasi 1 | Estimasi 2 |
|-----|--------------|------------|------------|
| P12 | 0.74         | 1.09       | 0.50       |
| P13 | 0.74         | 0.39       | 0.50       |
| P14 | 0.85         | 1.09       | 1.09       |
| P21 | 0.26         | -0.09      | 0.50       |
| P23 | 0.15         | 0.50       | 0.50       |
| P24 | 0.85         | 0.61       | 0.50       |
| P31 | 0.26         | 0.61       | 0.50       |
| P32 | 0.85         | 0.50       | 0.50       |
| P34 | 0.85         | 0.61       | 1.20       |
| P41 | 0.15         | -0.09      | -0.09      |
| P42 | 0.15         | 0.39       | 0.50       |
| P43 | 0.15         | 0.39       | -0.20      |

Karena nilai estimasi melebihi range  $[-0.09, 1.09]$  maka nilai ditransformasi menjadi range  $[0, 1]$  dengan menggunakan rumus 2.13

$$f(x) = \frac{x+a}{1+2a}$$

$$f(x) = \frac{x+0.09}{1+2 \cdot 0.09}$$

Hasil transformasi range nilai estimasi adalah:

Tabel 7.11 Hasil Estimasi Nilai Sebelum Transformasi

|       | Nilai Aktual | Estimasi 1 | Estimasi 2 | Mj     | $r(Mj-Gm)^2$ | Sigma $(Mij-Mj)^2$ |
|-------|--------------|------------|------------|--------|--------------|--------------------|
| P12   | 0.703        | 1.0000     | 0.5000     | 0.7343 | 0.16466      | 0.12648            |
| P13   | 0.703        | 0.4057     | 0.5000     | 0.5362 | 0.00393      | 0.04611            |
| P14   | 0.797        | 1.0000     | 1.0000     | 0.9324 | 0.56086      | 0.02743            |
| P21   | 0.297        | 0.0000     | 0.5000     | 0.2657 | 0.16466      | 0.12648            |
| P23   | 0.203        | 0.5000     | 0.5000     | 0.4009 | 0.02943      | 0.05887            |
| P24   | 0.797        | 0.5943     | 0.5000     | 0.6305 | 0.05108      | 0.04611            |
| P31   | 0.297        | 0.5943     | 0.5000     | 0.4638 | 0.00393      | 0.04611            |
| P32   | 0.797        | 0.5000     | 0.5000     | 0.5991 | 0.02943      | 0.05887            |
| P34   | 0.797        | 0.5943     | 1.0943     | 0.8286 | 0.32392      | 0.12648            |
| P41   | 0.203        | 0.0000     | 0.0000     | 0.0676 | 0.56086      | 0.02743            |
| P42   | 0.203        | 0.4057     | 0.5000     | 0.3695 | 0.05108      | 0.04611            |
| P43   | 0.203        | 0.4057     | -0.0943    | 0.1714 | 0.32392      | 0.12648            |
| Total |              |            |            |        | 1.94386      | 0.73649            |



3. Menghitung nilai CWS index

$$\begin{aligned} \text{Diskriminasi} &= \frac{\sum_{j=1}^n r(M_j - GM)^2}{n-1} \\ &= \frac{1.94386}{12-1} \\ &= 0.17671 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tingkat tidak konsisten} &= \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=j}^r (M_{ij} - M_j)^2}{n(r-1)} \\ &= \frac{0.73649}{12(3-1)} \\ &= 0.03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CWS - index} &= \frac{\text{tingkat diskriminasi}}{\text{tingkat tidak konsisten}} \\ &= \frac{0.17671}{0.03} \\ &= 5.759 \end{aligned}$$

4. Menentukan *expertise based ranking of expert* berdasarkan nilai CWS – index. Semakin tinggi nilai CWS maka semakin tinggi menempati posisi atas. Berikut ini merupakan rekapan hasil perhitungan *expertise based ranking of expert*.

Tabel 7.12 Hasil *Expertise Based Ranking of Experts*

|                       | PT X                  |                       | PT Y                  |                       | PT Z                  |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                       | <i>Evaluator</i><br>1 | <i>Evaluator</i><br>2 | <i>Evaluator</i><br>1 | <i>Evaluator</i><br>2 | <i>Evaluator</i><br>1 | <i>Evaluator</i><br>2 | <i>Evaluator</i><br>3 |
| <i>Discrimination</i> | 0.17671               | 0.14778               | 0.08974               | 0.15132               | 0.15036               | 0.14959               | 0.14403               |
| <i>Inconsistency</i>  | 0.03069               | 0.01729               | 0.02794               | 0.02597               | 0.00953               | 0.01849               | 0.02371               |
| <i>CWS-Index</i>      | 5.759                 | 8.550                 | 3.212                 | 5.828                 | 15.783                | 8.088                 | 6.073                 |
| <i>Rank</i>           | 2                     | 1                     | 2                     | 1                     | 1                     | 2                     | 3                     |

Dari hasil Tabel 7.12 dapat diketahui tingkat *experts* responden. Sehingga pada penelitian ini setiap perusahaan dipilih satu dengan nilai CWS tertinggi untuk mengisi kuesioner *applicability* LC-VSM. Perwakilan setiap perusahaan adalah evaluator 2 untuk PT X, evaluator 2 untuk PT Y, dan evaluator 1 untuk PT Z.

### 7.2.2 Analisa Hasil Kuesioner

Berikut ini merupakan hasil penyebaran kuesioner mengenai *applicability* metodologi LC-VSM kepada perwakilan evaluator yang telah dipilih pada tahap sebelumnya.

Tabel 7.13 Hasil Kuesioner *Applicability* Metode dan Metodologi LC-VSM

| No           | Manfaat  | PT X  | PT Y  | PT Z  | Rata-rata |
|--------------|--|-------|-------|-------|-----------|
| 1            | LC-VSM memudahkan dalam identifikasi 7 waste   | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 2            | LC-VSM memudahkan dalam identifikasi aktivitas <i>value added</i> dan <i>non value added</i>   | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 3            | LC-VSM memudahkan dalam identifikasi waste lingkungan  | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 4            | LC-VSM memudahkan dalam usaha menurunkan dampak lingkungan   | 4     | 3     | 4     | 3.67      |
| 5            | LC-VSM dapat menghemat biaya akibat pemborosan   | 4     | 4     | 3     | 3.67      |
| 6            | LC-VSM dapat meningkatkan profit   | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 7            | LC-VSM dapat mengidentifikasi kegiatan yang membahayakan kesehatan dan keselamatan pekerja   | 3     | 4     | 3     | 3.33      |
| 8            | LC-VSM dapat memonitor kepuasan pekerja  | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 9            | LC-VSM membantu meningkatkan keefektifan pekerjaan dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk  | 4     | 4     | 5     | 4.33      |
| 10           | Menggunakan LC-VSM dapat membantu saya dalam meningkatkan produktivitas perusahaan   | 4     | 4     | 5     | 4.33      |
| 11           | LC-VSM sangat berguna dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk   | 4     | 4     | 5     | 4.33      |
| 12           | LC-VSM dapat membantu saya dalam mengontrol berbagai aktivitas saya dalam mengidentifikasi berbagai aktivitas VA / NVA yang ada dalam perusahaan sepanjang siklus hidup produk | 4     | 4     | 5     | 4.33      |
| 13           | LC-VSM dapat memudahkan saya dalam menyelesaikan tugas saya dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk                               | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 14           | LC-VSM dapat menghemat waktu saya dalam menyelesaikan tugas mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk                                     | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 15           | LC-VSM dapat memenuhi kebutuhan saya dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk  | 3     | 4     | 4     | 3.67      |
| 16           | LC-VSM sesuai dengan harapan saya  | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 17           | Penggunaan LC-VSM akan meningkatkan performansi saya dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk                                      | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 18           | Penggunaan LC-VSM akan lebih efisien dibandingkan tanpa menggunakan LC-VSM   | 4     | 4     | 5     | 4.33      |
| 19           | Kesalahan ( <i>error</i> ) yang muncul dalam mengidentifikasi <i>waste</i> rendah  | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| Total        |  | 74    | 75    | 79    | 76.00     |
| Persentase % |  | 77.89 | 78.95 | 83.16 | 80.00     |

Lanjutan Tabel 7.13 Hasil Kuesioner *Applicability* Metode dan Metodologi LC-VSM

| No           | Kemudahan dalam mempelajari ( <i>Ease to learn</i> )   | PT X  | PT Y  | PT Z  | Rata-rata |
|--------------|--|-------|-------|-------|-----------|
| 1            | Saya merasa dapat mempelajari cara membangun LC-VSM dengan cepat   | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 2            | Saya merasa mudah dalam mengingat cara membangun LC-VSM  | 3     | 3     | 3     | 3.00      |
| 3            | Saya merasa LC-VSM mudah dipelajari dalam penggunaannya  | 4     | 4     | 3     | 3.67      |
| 4            | Saya merasa dalam waktu dekat saya akan mampu membiasakan cara penggunaannya   | 4     | 3     | 3     | 3.33      |
| Total        |  | 15    | 14    | 13    | 14        |
| Persentase % |  | 75    | 70    | 65    | 70        |
| No           | Kepuasan ( <i>Satisfaction</i> )   | PT X  | PT Y  | PT Z  | Rata-rata |
| 1            | Saya merasa puas dengan LC-VSM   | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 2            | Saya akan merekomendasikan LC-VSM kepada rekan saya  | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 3            | Saya merasa LC-VSM menyenangkan ketika digunakan   | 4     | 4     | 4     | 4.00      |
| 4            | Saya merasa LC-VSM bekerja sesuai dengan harapan saya  | 4     | 4     | 3     | 3.67      |
| 5            | Saya merasa LC-VSM mengagumkan   | 4     | 3     | 3     | 3.33      |
| 6            | Saya merasa membutuhkan LC-VSM   | 4     | 3     | 4     | 3.67      |
| 7            | Saya merasa akan menggunakan LC-VSM kedepannya.  | 4     | 3     | 4     | 3.67      |
| Total        |  | 28    | 25    | 26    | 26        |
| Persentase % |  | 80.00 | 71.43 | 74.29 | 75.24     |
| No           | Kemudahan dalam penggunaan ( <i>Ease to Use</i> )  | PT X  | PT Y  | PT Z  | Rata-rata |
| 1            | Saya merasa LC-VSM mudah digunakan   | 3     | 3     | 3     | 3         |
| 2            | Saya merasa LC-VSM sederhana dalam penggunaannya   | 3     | 3     | 3     | 3         |
| 3            | Saya merasa peta LC-VSM <i>user friendly</i>   | 4     | 3     | 4     | 3.67      |
| 4            | Saya merasa LC-VSM hanya membutuhkan sedikit langkah dalam penggunaannya   | 2     | 3     | 2     | 2.33      |
| 5            | Saya merasa LC-VSM fleksibel dalam penggunaannya (dapat disesuaikan dengan kebutuhan)  | 4     | 4     | 4     | 4         |
| 6            | Saya merasa dalam pengerjaan LC-VSM tidak rumit  | 2     | 3     | 2     | 2.33      |
| 7            | Saya merasa dapat membuat LC-VSM tanpa instruksi   | 3     | 2     | 2     | 2.33      |
| 8            | Saya merasa para pengguna akan menyukai LC-VSM   | 4     | 3     | 4     | 3.67      |
| 9            | Dalam proses pembuatan LC-VSM, saya merasa kesalahan dapat mudah memperbaiki   | 4     | 3     | 4     | 3.67      |
| 10           | Saya merasa LC-VSM dapat digunakan setiap waktu  | 4     | 4     | 4     | 4         |
| 11           | Saya merasa indikator pada LC-VSM terintegrasi dengan baik sehingga mudah dipahami   | 4     | 4     | 4     | 4         |
| 12           | Saya merasa LC-VSM dapat memudahkan dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk yang perlu untuk diperbaiki | 4     | 4     | 5     | 4.33      |
| 13           | Saya merasa interaksi dari proses pembuatan dan identifikasi mudah dipahami  | 4     | 4     | 3     | 3.67      |
| 14           | Saya merasa pengerjaan LC-VSM tidak membutuhkan orang yang memiliki kemampuan tinggi   | 2     | 2     | 2     | 2         |
| Total        |  | 47    | 45    | 46    | 46        |
| Persentase % |  | 67.14 | 64.29 | 65.71 | 65.71     |

Dari Tabel 7.13 dapat diketahui bahwa dari segi kemanfaatan LC-VSM diketahui bahwa persentase keseluruhan responden dalam menilai kemanfaatan metode LC-VSM adalah 80 % dengan rentan penilaian 78 hingga 83. Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa responden setuju bahwa metode LC-VSM memberikan banyak manfaat dalam mengidentifikasi pemborosoan ekonomi, lingkungan, dan sosial sepanjang siklus hidup produk. Dari segi kemudahan dipelajari dapat diketahui bahwa 70 % responden menyetujui bahwa LC-VSM mudah dipelajari. Rentan nilai yang diberikan oleh responden adalah 65 hingga 75 %. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat gap yang cukup besar pada penilaian evaluator. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan tingkat pengetahuan dan keahlian responden.

Dari segi kepuasan pengguna pada metodologi LC-VSM didapatkan bahwa 75.24 % responden menyetujui bahwa LC-VSM mampu memenuhi harapan pengguna. Rentan nilai yang diberikan oleh responden adalah 71.43 hingga 80. Gap yang terjadi dapat terjadi karena perbedaan kebutuhan pada setiap perusahaan. Sedangkan dari segi kemudahaan dalam penggunaannya didapatkan nilai 65.71 %. Dengan rentan nilai yang hampir sama yaitu 64.29 hingga 67.14. Hal ini menunjukkan bahwa kesleuruhan responden sedikit kesulitan dalam penggunaan metodologi LC-VSM.

### **7.2.3 *Applicability* Metode LC-VSM Perspektif Pengguna**

Dari hasil kuesioner didapatkan bahwa metode LC-VSM bermanfaat bagi para perusahaan. Hal ini dilihat dari tingkat kemanfaatan metodologi hingga 80 %. Kemanfaatan yang sangat disetujui oleh pengguna adalah LC-VSM memudahkan dalam mengidentifikasi *waste triple bottom line*, membantu meningkatkan produktivitas perusahaan, membantu mengontrol berbagai kegiatan yang VA atau NVA sepanjang siklus hidup produk, dan dengan menggunakan LC-VSM akan lebih efisien dibandingkan tanpa menggunakan LC-VSM. Pernyataan yang kurang bermanfaat dari metode LC-VSM adalah LC-VSM kurang mampu mengidentifikasi kegiatan yang berbahaya bagi kesehatan dan keselamatan pekerja. Metode LC-VSM selain bermanfaat juga pengguna merasa puas dengan LC-VSM hal ini dilihat dari kepuasan pengguna 75 %.

#### **7.2.4 *Applicability* Metodologi LC-VSM Perspektif Pengguna**

Metodologi LC-VSM dianggap sedikit sulit dipelajari, hal ini dilihat dari hasil kuesioner mengenai kemudahan dipelajari terhadap metodologi LC-VSM mendapat nilai persentase 70 %. Kesulitan dipelajari disebabkan oleh pengguna merasa sulit dalam mengingat tahapan proses pembangunan LC-VSM dan dalam waktu dekat pengguna kurang mampu membiasakan cara penggunaannya. Selain hal tersebut metodologi LC-VSM dianggap sulit digunakan hal ini dilihat dari penilaian kemudahan penggunaan mendapatkan nilai 65.7 %. Pengguna merasa sulit menggunakan LC-VSM karena LC-VSM membutuhkan banyak langkah dalam penggunaannya, pengguna merasa metodologi rumit, tanpa instruksi pengguna kesulitan, dan penggunaan LC-VSM membutuhkan orang yang memiliki kemampuan tinggi.

#### **7.2.5 Penarikan Kesimpulan *Applicability* Metode dan Metodologi LC-VSM Perpektif Pengguna (Perusahaan)**

Hasil pengukuran *applicability* dari perspektif perusahaan (pengguna) dapat ditarik kesimpulan bahwa LC-VSM memberikan banyak manfaat bagi pengguna dalam mengidentifikasi pemborosan terkait *triple bottom line* sepanjang siklus hidup produk dan responden cukup puas dengan metode ini, namun metodologi LC-VSM sedikit sulit untuk dipelajari karena sulit mengingat dan membiasakan proses pembangunannya. Selain itu LC-VSM dianggap kurang mudah digunakan karena membutuhkan banyak langkah dan keahlian dalam membangun LC-VSM.

#### **7.3 Penarikan Kesimpulan *Applicability* Metode dan Metodologi LC-VSM**

Dari hasil analisa *applicability* dari perspektif peneliti dan pengguna maka metode LC-VSM *applicable* bagi para pengguna nantinya untuk mengevaluasi performansi *sustainability* sepanjang siklus hidup produk, namun masih terdapat kekurangan pada LC-VSM yaitu pada metodologi LC-VSM dianggap rumit karena membutuhkan serangkaian langkah yang panjang dan melibatkan banyak pihak internal dan eksternal.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB 8**

### **PENYUSUNAN REKOMENDASI PENERAPAN LC-VSM**

Pada bab ini akan disusun rekomendasi penerapan LC-VSM berdasarkan hasil evaluasi *applicability*. Hal ini bertujuan untuk memudahkan para praktisi dalam menerapkan metode dan metodologi LC-VSM, serta memudahkan para penelitian berikutnya untuk mengembangkan penelitian ini.

#### **8.1 Persyaratan Penggunaan**

Dari hasil pengumpulan dan pengolahan data serta pengukuran *applicability* didapatkan bahwa metode LC-VSM *applicable* untuk digunakan karena dapat digunakan pada berbagai produk pada ukuran industri yang beragam dan mampu memberikan banyak manfaat bagi para pengguna, namun LC-VSM masih memiliki kekurangan pada metodologi LC-VSM seperti kurang mudah untuk digunakan. Dari hasil pengukuran *applicability* pada Bab 7, dapat diketahui beberapa kekurangan pada metode dan metodologi LC-VSM adalah sebagai berikut:

1. Melibatkan banyak pihak baik internal dan eksternal
2. Membutuhkan banyak ketersediaan data
3. Membutuhkan waktu yang cukup lama dalam mengumpulkan dan mengolah data apabila data tidak tersedia
4. Membutuhkan dukungan perusahaan
5. Membutuhkan management perusahaan yang baik
6. Sulit dipahami apabila perusahaan belum memahami konsep *sustainability*
7. Keseluruhan indikator metrik pada metode LC-VSM belum mampu memenuhi keseluruhan kebutuhan perusahaan karena setiap perusahaan memiliki kebutuhan yang berbeda
8. Terdapat beberapa efisiensi yang kurang tepat
9. LC-VSM belum mampu mengidentifikasi aktivitas yang berbahaya bagi pekerja
10. LC-VSM Belum mampu mengeneralisasikan permasalahan khususnya pada tahap distribusi dan konsumsi.
11. Membutuhkan keahlian untuk interpretasi hasil LC-VSM

12. Terdapat banyak langkah dalam metodologi LC-VSM sehingga membutuhkan instruksi dan membutuhkan orang yang memiliki keahlian tinggi
13. Membutuhkan alat pendukung lainnya dalam menganalisis akar permasalahan

Dari hasil identifikasi ketidaksesuaian/kesulitan dan hambatan pada LC-VSM, maka untuk memudahkan penerapannya diperlukan persyaratan sebagai berikut:

1. Dukungan manajemen puncak terhadap kegiatan *continuous improvement* dalam aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Manajemen puncak harus mendukung dan menyetujui berbagai kegiatan yang bertujuan untuk melakukan usaha terus menerus dalam meningkatkan performansi sustainabilitas perusahaan. Tanpa dukungan perusahaan, aktivitas tidak akan berjalan dengan baik.
2. Perusahaan khususnya management dan pekerja memiliki pengetahuan yang luas dan mau meningkatkan pengetahuan mengenai perkembangan *sustainability*.
3. Perusahaan memiliki komitmen yang kuat dalam usaha menjaga lingkungan dan sosial.
4. Perusahaan memiliki target dan tujuan yang pasti terkait *aspek triple bottom line*
5. Perusahaan memiliki komitmen untuk saling bekerja sama dalam proses pelaksanaan
6. Perusahaan memiliki management yang baik dalam pengelolaan sumber daya manusia sehingga pekerja dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan disiplin.
7. Pekerja memiliki peran dan tanggung jawab yang harus dilaksanakan dengan baik. Hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam pembagian tugas pada pengumpulan data karena melibatkan banyak pihak. Contoh pembagian tugas dan tanggung jawab dapat dilihat pada Tabel 8.1



8. Kedisiplinan pekerja dalam pencatatan perlu dilakukan pengawasan dengan baik. Proses pencatatan diatur dengan baik melalui form-form yang jelas dan mudah untuk digunakan. Dengan adanya pencatatan yang baik maka proses pengumpulan dan pengolahan data lebih mudah untuk dilaksanakan.
9. Perusahaan melakukan kerja sama yang baik dengan pihak eksternal seperti distributor dan retailer. Hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam pengumpulan data pada bagian eksternal. Pihak eksternal perlu diberikan informasi mengenai tujuan dan sasaran perusahaan sehingga pihak eksternal menyetujui untuk memberikan data terkait kebutuhan LC-VSM. Melalui kerja sama yang baik pada berbagai distributor dan retailer permasalahan dapat digeneralisasikan.
10. Untuk memudahkan dalam membangun LC-VSM maka perlu disusun instruksi pengerjaan metodologi LC-VSM. Instruksi dapat dilihat pada Tabel 8.2

### **8.1.1 Sumber Daya, Peran, dan Tanggung Jawab**

Pada proses penggunaan LC-VSM untuk mengukur performansi sustainabilitas perusahaan, maka dibutuhkan kerjasama yang baik antar bagian yang terkait pada produk sepanjang siklus hidup produk. Sumber daya, tugas, dan tanggung jawab yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 8.1. Peran, dan tanggungjawab harus didokumentasikan dan dikomunikasikan kepada seluruh pihak yang terkait. Manajemen puncak organisasi harus menunjuk satu orang yang tidak tergantung pada tanggungjawab lainnya, yang harus mempunyai peran, tanggungjawab dan kewenangan yang ditetapkan untuk

- a) <sup>[11]</sup><sub>[5EP]</sub>Memastikan bahwa sistem manajemen ini ditetapkan, diterapkan dan dipelihara sesuai dengan yang ditentukan
- b) Memastikan bahwa seluruh pihak yang terkait melakukan peran dan tanggung jawab dengan baik.
- c) Melapor kepada manajemen puncak mengenai kinerja sistem untuk kajian dan rekomendasi perbaikan.

Tabel 8.1 Pembagian Peran dan Sumber Daya

| Tahap          | Aspek      | Indikator          | Pihak Terlibat        | Peran dan Tanggung jawab   |
|----------------|------------|--------------------|-----------------------|--|
| Pra Manufaktur | Ekonomi    | Waktu              | Admin gudang material | Mengidentifikasi kegiatan yang bernilai tambah dan tidak<br>Pencatatan waktu pembelian material<br>Pencatatan waktu kedatangan material<br>Pencatatan waktu penyimpanan material<br>Mengevaluasi performansi supplier dalam hal ketepatan waktu pengiriman |
|                |            | Tingkat Persediaan | Admin gudang material | Pencatatan ketersediaan material yang datang dan yang digunakan<br>Pencatatan ketersediaan material yang rusak karena kesalahan penyimpanan<br>Mengevaluasi performansi supplier dalam hal ketepatan jumlah pengiriman                                     |
|                |            | Kualitas           | QC                    | Pencatatan kualitas material yang datang dari supplier<br>Mengevaluasi performansi supplier dalam hal ketepatan kualitas material  |
|                |            | Biaya              | Akuntan               | Pencatatan biaya yang dikonsumsi untuk seluruh kegiatan persiapan material   |
|                | Lingkungan | Konsumsi Material  | Admin gudang material | Pencatatan penggunaan material tambahan untuk kegiatan penyimpanan material<br>Mengidentifikasi material yang memberikan nilai tambah pada kondisi material dan tidak  |
|                |            | Konsumsi Air       | Admin gudang material | Pencatatan penggunaan air untuk kegiatan penyimpanan material<br>Mengidentifikasi air yang memberikan nilai tambah pada kondisi material dan tidak   |
|                |            | Konsumsi Energi    | Manager Tecnical      | Pencatatan penggunaan energi untuk kegiatan penyimpanan material<br>Mengidentifikasi energi yang memberikan nilai tambah dan tidak pada kegiatan persiapan material  |
|                |            | Emisi              | Manager Tecnical      | Pengukuran hasil emisi dari kegiatan persiapan material<br>Mengidentifikasi emisi yang dihasilkan dari kegiatan yang memberikan nilai tambah dan tidak pada kegiatan persiapan material  |
|                |            | Lahan              | Admin gudang material | Pengukuran luas area persiapan material yang dimanfaatkan dengan baik dan tidak, serta jumlah lahan hijau  |
|                |            | Pengelolaan Limbah | Bagian TPS Perusahaan | Pencatatan jumlah limbah yang dihasilkan<br>Pencatatan jumlah limbah yang dikelola dengan baik   |
|                | Sosial     | Kepuasan           | HRD                   | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian persiapan material yang masuk dan keluar (resign)   |

Lanjutan Tabel 8.1 Pembagian Peran dan Sumber Daya

| Tahap      | Aspek      | Indikator          | Pihak Terlibat   | Peran dan Tanggung jawab  |
|------------|------------|--------------------|------------------|---|
| Manufaktur |            | Kesehatan          | HRD              | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian persiapan material tidak masuk karena sakit  |
|            |            | Keselamatan        | HRD              | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian persiapan material yang mengalami kecelakaan kerja   |
|            |            | Pengembangan Diri  | HRD              | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian persiapan material yang telah dilakukan training   |
|            | Ekonomi    | Waktu              | Bagian Produksi  | Mengidentifikasi kegiatan yang bernilai tambah dan tidak<br>Pencatatan waktu proses produksi<br>Pencatatan waktu pemindahan material<br>Pencatatan waktu bottle neck (idle)   |
|            |            | Tingkat Persediaan | Bagian Produksi  | Pencatatan WIP produk   |
|            |            | Kualitas           | Manager QC       | Pencatatan kualitas produksi yang dihasilkan pada setiap proses   |
|            |            | Biaya              | Akuntan          | Pencatatan biaya yang dikonsumsi untuk seluruh kegiatan produksi  |
|            | Lingkungan | Konsumsi Material  | Bagian Produksi  | Pencatatan penggunaan material untuk kegiatan produksi<br>Mengidentifikasi material yang memberikan nilai tambah pada kondisi material dan terbuang (limbah/scrap)  |
|            |            | Konsumsi Air       | Bagian Produksi  | Pencatatan penggunaan air untuk kegiatan kegiatan produksi<br>Mengidentifikasi air yang memberikan nilai tambah pada produk dan tidak<br>Mengidentifikasi air yang loses terbuang karena ketidatepatan penggunaan air           |
|            |            | Konsumsi Energi    | Manager Tecnical | Pencatatan penggunaan energi untuk kegiatan kegiatan produksi<br>Mengidentifikasi energi yang memberikan nilai tambah dan tidak pada kegiatan produksi<br>Mengidentifikasi penggunaan energi untuk kegiatan pemindahan material |
|            |            | Emisi              | Mangaer Tecnical | Pengukuran hasil emisi dari kegiatan kegiatan produksi<br>Mengidentifikasi emisi yang dihasilkan dari kegiatan yang memberikan nilai tambah dan tidak pada kegiatan produksi  |
|            |            | Lahan              | Bagian produksi  | Pengukuran luas area produksi yang dimanfaatkan dengan baik dan tidak, serta jumlah lahan hijau   |
|            |            | Pengelolaan Limbah | Bagian TPS       | Pencatatan jumlah limbah yang dihasilkan<br>Pencatatan jumlah limbah yang dikelola dengan baik  |

Lanjutan Tabel 8.1 Pembagian Peran dan Sumber Daya

| <b>Tahap</b> | <b>Aspek</b> | <b>Indikator</b>   | <b>Pihak Terlibat</b>                                       | <b>Peran dan Tanggung jawab</b>  |
|--------------|--------------|--------------------|---|--|
|              | Sosial       | Kepuasan           | HRD   | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian produksi yang masuk dan keluar (resign)   |
|              |              | Kesehatan          | HRD   | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian produksi tidak masuk karena sakit   |
|              |              | Keselamatan        | HRD   | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian produksi yang mengalami kecelakaan kerja  |
|              |              | Pengembangan Diri  | HRD   | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian produksi yang telah dilakukan training  |
| Distribusi   | Ekonomi      | Waktu              | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor | Mengidentifikasi kegiatan yang bernilai tambah dan tidak<br>Pencatatan waktu penyimpanan pada gudang<br>Pencatatan waktu proses distribusi<br>Pencatatan waktu pembelian ulang distributor<br>Pencatatan tingkat pembelian konsumen  |
|              |              | Tingkat Persediaan | Admin Gudang Jadi<br>Admin Distributor                      | Pencatatan ketersediaan produk pada gudang<br>Pencatatan ketersediaan produk pada distributor  |
|              |              | Kualitas           | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor | Pencatatan kualitas produk pada gudang<br>Pencatatan kualitas produk pada kegiatan distribusi<br>Pencatatan kualitas produk pada distributor   |
|              |              | Biaya              | Akuntan   | Pencatatan biaya yang dikonsumsi untuk seluruh kegiatan produksi   |
|              | Lingkungan   | Konsumsi Material  | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor | Pencatatan penggunaan material tambahan untuk kegiatan penyimpanan produk<br>Pencatatan penggunaan material tambahan untuk kegiatan distribusi<br>Pencatatan penggunaan material tambahan untuk kegiatan penyimpanan produk oleh distributor<br>Mengidentifikasi material yang memberikan nilai tambah pada kondisi produk dan tidak |
|              |              | Konsumsi Air       | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor | Pencatatan penggunaan air untuk kegiatan penyimpanan produk<br>Pencatatan penggunaan air untuk kegiatan distribusi<br>Pencatatan penggunaan air untuk kegiatan penyimpanan produk oleh distributor<br>Mengidentifikasi air yang memberikan nilai tambah pada kondisi produk dan tidak  |

Lanjutan Tabel 8.1 Pembagian Peran dan Sumber Daya

| Tahap    | Aspek      | Indikator          | Pihak Terlibat  | Peran dan Tanggung jawab  |
|----------|------------|--------------------|---|---|
|          |            | Konsumsi Energi    | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor | Pencatatan penggunaan energi untuk kegiatan penyimpanan produk pada gudang jadi<br>Pencatatan penggunaan energi untuk kegiatan penyimpanan produk pada kegiatan distribusi<br>Pencatatan penggunaan energi untuk kegiatan penyimpanan produk pada distributor<br>Mengidentifikasi energi yang memberikan nilai tambah dan tidak pada kegiatan penyimpanan dan distribusi produk |
|          |            | Emisi              | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor | Pengukuran hasil emisi dari kegiatan penyimpanan dan distribusi produk<br>Mengidentifikasi emisi yang dihasilkan dari kegiatan yang memberikan nilai tambah dan tidak pada kegiatan penyimpanan dan distribusi produk   |
|          |            | Lahan              | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor | Pengukuran luas area distribusi dan penyimpanan produk yang dimanfaatkan dengan baik dan tidak, serta jumlah lahan hijau.   |
|          | Sosial     | Kepuasan           | HRD   | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian distribusi yang masuk dan keluar (resign)  |
|          |            | Kesehatan          | HRD   | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian distribusi tidak masuk karena sakit  |
|          |            | Keselamatan        | HRD   | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian distribusi yang mengalami kecelakaan kerja   |
|          |            | Pengembangan Diri  | HRD   | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian distribusi yang telah dilakukan training   |
| Konsumsi | Ekonomi    | Waktu              | Pemasaran   | Mengidentifikasi kegiatan yang bernilai tambah dan tidak<br>Pencatatan waktu pembelian ulang konsumen   |
|          |            | Tingkat Persediaan | -   | -   |
|          |            | Kualitas           | Pemasaran   | Pencatatan kualitas produk yang dikonsumsi oleh konsumen<br>Pencatatan dan evaluasi keluhan pelanggan.  |
|          |            | Biaya              | Pemasaran   | Pencatatan biaya yang dikonsumsi untuk proses konsumsi produk oleh konsumen   |
|          | Lingkungan | Konsumsi Material  | Pemasaran   | Pencatatan penggunaan material tambahan untuk kegiatan konsumsi   |
|          |            | Konsumsi Air       | Pemasaran   | Pencatatan penggunaan air tambahan untuk kegiatan konsumsi  |

Lanjutan Tabel 8.1 Pembagian Peran dan Sumber Daya

| <b>Tahap</b> | <b>Aspek</b> | <b>Indikator</b>   | <b>Pihak Terlibat</b> | <b>Peran dan Tanggung jawab</b>   |
|--------------|--------------|--------------------|-----------------------|---|
| Konsumsi     | Lingkungan   | Konsumsi Energi    | Pemasaran             | Pencatatan penggunaan energi tambahan untuk kegiatan konsumsi   |
|              |              | Emisi              | Pemasaran             | Pencatatan emisi yang dihasilkan dari kegiatan konsumsi   |
|              |              | Lahan              | Pemasaran             | Pencatatan penggunaan lahan untuk kegiatan konsumsi   |
|              |              | Pengelolaan Limbah | Pemasaran             | Pencatatan pengelolaan limbah untuk kegiatan konsumsi   |
|              | Sosial       | Kepuasan           | Pemasaran             | Pencatatan jumlah CSR dan target CSR  |
|              |              | Kesehatan          | Pemasaran             | Pengukuran eco coat   |
|              |              | Keselamatan        | Pemasaran             | -   |
|              |              | Pengembangan Diri  | Pemasaran             | Pencatatan aktivitas sharing knowledge kepada konsumen  |
| End Of Life  | Ekonomi      | Waktu              | Bagian 6 R            | Mengidentifikasi kegiatan yang bernilai tambah dan tidak<br>Pencatatan waktu proses produksi 6R<br>Pencatatan waktu pemindahan material 6R<br>Pencatatan waktu bottle neck (idle) 6R  |
|              |              | Tingkat Persediaan | Bagian Produksi 6R    | Pencatatan WIP produk 6R  |
|              |              | Kualitas           | Manager QC 6R         | Pencatatan kualitas produksi yang dihasilkan pada setiap proses 6R  |
|              |              | Biaya              | Akuntan 6R            | Pencatatan biaya yang dikonsumsi untuk seluruh kegiatan produksi 6R   |
|              | Lingkungan   | Konsumsi Material  | Bagian Produksi 6R    | Pencatatan penggunaan material untuk kegiatan produksi 6R<br>Mengidentifikasi material yang memberikan nilai tambah pada kondisi material dan terbuang (limbah/scrap) 6R  |
|              |              | Konsumsi Air       | Bagian Produksi 6R    | Pencatatan penggunaan air untuk kegiatan produksi 6R<br>Mengidentifikasi air yang memberikan nilai tambah pada produk dan tidak 6R<br>Mengidentifikasi air yang loses terbuang karena ketidatepatan penggunaan air 6R           |
|              |              | Konsumsi Energi    | Manager Technical 6R  | Pencatatan penggunaan energi untuk kegiatan produksi 6R<br>Mengidentifikasi energi yang memberikan nilai tambah dan tidak pada kegiatan produksi 6R<br>Mengidentifikasi penggunaan energi untuk kegiatan pemindahan material 6R |
|              |              | Emisi              | Manager Technical 6R  | Pengukuran hasil emisi dari kegiatan produksi 6R<br>Mengidentifikasi emisi yang dihasilkan dari kegiatan yang memberikan nilai tambah dan tidak pada kegiatan produksi 6R   |
|              |              |                    |                       |   |

Lanjutan Tabel 8.1 Pembagian Peran dan Sumber Daya

| Tahap | Aspek  | Indikator          | Pihak Terlibat     | Peran dan Tanggung jawab   |
|-------|--------|--------------------|--------------------|--|
|       |        | Lahan              | Bagian produksi 6R | Pengukuran luas area produksi yang dimanfaatkan dengan baik dan tidak, serta jumlah lahan hijau 6R |
|       |        | Pengelolaan Limbah | Bagian TPS 6R      | Pencatatan jumlah limbah yang dihasilkan 6R<br>Pencatatan jumlah limbah yang dikelola dengan baik  |
|       | Sosial | Kepuasan           | HRD                | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian 6R yang masuk dan keluar (resign)                       |
|       |        | Kesehatan          | HRD                | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian 6R tidak masuk karena sakit                             |
|       |        | Keselamatan        | HRD                | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian 6R yang mengalami kecelakaan kerja                      |
|       |        | Pengembangan Diri  | HRD                | Pencatatan jumlah tenaga kerja pada bagian 6R yang telah dilakukan training                        |

### 8.1.2 Instruksi Penggunaan LC-VSM

Untuk memudahkan dalam penggunaan metodologi LC-VSM maka Tabel 8.2 merupakan instruksi proses metodologi LC-VSM.

Tabel 8.2 Instruksi Metodologi LC-VSM

|  |   |
|--|---|
| <b>Instruksi Metodologi LC-VSM</b>   | No. Dok :   |
|  | Revisi : Original   |
|  | Tgl Terbit: 15 Des 2017   |
|  |   |
| <b>A. Plan : Proses perencanaan sasaran dan target perbaikan</b>   |   |
| 1. Menentukan target performansi pada setiap indikator yang ingin ditingkatkan   |   |
| 2. Mengidentifikasi setiap aktivitas pada siklus hidup produk  |   |
| <b>B. Do : Proses pengumpulan dan Pengolahan Data</b>  |   |
| <b>1. Tahap Pra Manufaktur : Pengumpulan dan pengolahan data pada proses persiapan material dari bahan baku pada gudang hingga material siap untuk diproduksi pada rantai produksi</b> |   |
| a. Waktu : Waktu yang dibutuhkan oleh supplier dalam memenuhi pemesanan material   |   |
| Tanggung Jawab:  | Admin gudang material   |
| Data :   | Waktu pembelian material<br>Waktu kedatangan material<br>Waktu penyimpanan material<br>Performansi supplier |
| Rumus Efisiensi :  | $1 - \frac{LT\ rencana - LT\ Aktual}{LT\ Rencana}$  |
| b. Tingkat persediaan: Jumlah material yang bisa digunakan pada saat order picking dibandingkan jumlah material yang dibeli  |   |
| Tanggung Jawab:  | Admin gudang material   |
| Data :   | Ketersediaan material yang datang dan digunakan<br>Kerusakan material akibat penyimpanan                    |
| Rumus Efisiensi :  | $\frac{jumlah\ pembelian - kerusakan\ selama\ simpan}{Total\ Pembelian}$                                    |
| c. Kualitas: Jumlah material yang sesuai spesifikasi terhadap material yang dibeli dari supplier   |   |
| Tanggung Jawab:  | Quality Control   |
| Data :   | Kualitas material yang datang dari supplier   |
| Rumus Efisiensi :  | $1 - \frac{material\ rusak\ saat\ diterima}{Total\ Pembelian}$  |



- d. Biaya : Biaya pesan dan simpan di gudang material sebelum digunakan

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Akuntan                                  |
| Data :            | Biaya pada aktivitas persiapan material  |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{Value\ added\ cost}{Total\ Cost}$ |

- e. Konsumsi Material: Jumlah konsumsi material selama proses penyimpanan dan penyiapan material

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Admin gudang material  |
| Data :            | Penggunaan material tambahan untuk kegiatan penyimpanan material   |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{jumlah\ konsumsi\ material\ value\ added}{Total\ material}$ |

- f. Konsumsi Air: Jumlah konsumsi air selama proses penyimpanan dan penyiapan material

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Admin gudang material                                    |
| Data :            | Penggunaan air untuk kegiatan penyimpanan material       |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{jumlah\ konsumsi\ air\ value\ added}{Total\ air}$ |

- g. Konsumsi Energi : Jumlah konsumsi energi selama proses penyimpanan dan penyiapan material

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Manager Tecnical   |
| Data              | Penggunaan energi untuk kegiatan penyimpanan material          |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{jumlah\ konsumsi\ energi\ value\ added}{Total\ energi}$ |

- h. Emisi : Jumlah emisi yang dihasilkan

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Manager Tecnical                                   |
| Data :            | Hasil emisi dari kegiatan persiapan material       |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{jumlah\ emisi\ value\ added}{Total\ emisi}$ |

- i. Tanah: Jumlah konsumsi tanah selama proses penyimpanan dan penyiapan material

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Admin gudang material   |
| Data :            | Pengukuran luas area persiapan material yang dimanfaatkan dengan baik dan tidak, serta jumlah lahan hijau |
| Rumus Efisiensi : | $1 - \frac{total\ tanah - used\ value\ added - green\ land}{Total\ tanah}$                                |

- j. Pengelolaan Limbah: Tingkat pengolahan limbah yang dihasilkan selama proses penyimpanan dan penyiapan material

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Bagian TPS Perusahaan  |
| Data :            | Jumlah limbah yang dihasilkan<br>Jumlah limbah yang dikelola |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah limbah diolah}}{\text{Total limbah}}$    |

- k. Kepuasan pekerja: Jumlah pegawai gudang yang loyal

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | HRD  |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian persiapan material yang masuk dan keluar (resign)          |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai gudang} - \text{pegawai resign}}{\text{Total pegawai gudang}}$ |

- l. Kesehatan pekerja: Jumlah pegawai yang ijin sakit

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | HRD  |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian persiapan material tidak masuk karena sakit                    |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai gudang} - \text{pegawai izin sakit}}{\text{Total pegawai gudang}}$ |

- m. Keselamatan pekerja: Jumlah pegawai gudang yang mengalami kecelakaan kerja

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | HRD  |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian persiapan material yang mengalami kecelakaan kerja             |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai gudang} - \text{pegawai kecelakaan}}{\text{Total pegawai gudang}}$ |

- n. Pengembangan diri pekerja: Jumlah training pegawai gudang

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | HRD   |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian persiapan material yang telah dilakukan training          |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai gudang yang mendapat training}}{\text{Total pegawai gudang}}$ |

## 2. Tahap Manufaktur: Pengumpulan dan pengolahan data pada proses produksi bahan baku menjadi produk yang bernilai tambah

- a. Waktu : Waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi produk

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Produksi  |
| Data :            | Waktu proses produksi<br>Waktu pemindahan material<br>Waktu bottle neck (idle) |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{LT \text{ value added}}{\text{Total LT}}$                               |

- b. Tingkat persediaan: Rasio work in process

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Produksi  |
| Data :            | WIP produk   |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{Material masuk} - \text{WIP}}{\text{Total material}}$ |

- c. Kualitas: Rasio jumlah produk yang sesuai spesifikasi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Quality Control   |
| Data :            | kualitas produksi yang dihasilkan pada setiap proses                          |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah produk jadi} - \text{produk cacat}}{\text{Total produk}}$ |

- d. Biaya : Biaya produksi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Akuntan   |
| Data :            | Biaya pada aktivitas produksi                       |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{Value added cost}}{\text{Total Cost}}$ |

- e. Konsumsi Material: Jumlah konsumsi material selama proses produksi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Produksi   |
| Data :            | Penggunaan material untuk kegiatan produksi                                     |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah konsumsi material} - \text{limbah}}{\text{Total material}}$ |

- f. Konsumsi Air: Jumlah konsumsi air selama proses produksi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Produksi   |
| Data :            | penggunaan air untuk kegiatan produksi                            |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah konsumsi air value added}}{\text{Total air}}$ |

- g. Konsumsi Energi : Jumlah konsumsi energi selama proses produksi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Manager Tecnical  |
| Data :            | penggunaan energi untuk kegiatan produksi                               |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah konsumsi energi value added}}{\text{Total energi}}$ |

- h. Emisi : Jumlah emisi yang dihasilkan

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Manager Tecnical   |
| Data :            | Hasil emisi dari kegiatan produksi                           |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah emisi value added}}{\text{Total emisi}}$ |

- i. Tanah: Jumlah konsumsi tanah selama proses produksi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Admin produksi  |
| Data :            | Pengukuran luas area produksi yang dimanfaatkan dengan baik dan tidak, serta jumlah lahan hijau   |
| Rumus Efisiensi : | $1 - \frac{\text{total tanah} - \text{used value added} - \text{green land}}{\text{Total tanah}}$ |

- j. Pengelolaan Limbah: Tingkat pengolahan limbah yang dihasilkan selama proses produksi

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Bagian TPS Perusahaan  |
| Data :            | Jumlah limbah yang dihasilkan<br>Jumlah limbah yang dikelola |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah limbah diolah}}{\text{Total limbah}}$    |

- k. Kepuasan pekerja: Jumlah pegawai produksi yang loyal

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | HRD  |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian produksi yang masuk dan keluar (resign)                        |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi} - \text{pegawai resign}}{\text{Total pegawai produksi}}$ |

- l. Kesehatan pekerja: Jumlah pegawai yang izin sakit

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | HRD  |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian produksi tidak masuk karena sakit                                  |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi} - \text{pegawai izin sakit}}{\text{Total pegawai produksi}}$ |

- m. Keselamatan pekerja: Jumlah pegawai produksi yang mengalami kecelakaan kerja

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | HRD  |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian produksi yang mengalami kecelakaan kerja                           |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi} - \text{pegawai kecelakaan}}{\text{Total pegawai produksi}}$ |

- n. Pengembangan diri pekerja: Jumlah training pegawai gudang

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | HRD   |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian produksi yang telah dilakukan training                        |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi yang mendapat training}}{\text{Total pegawai produksi}}$ |

**3. Tahap Distribusi: Pengumpulan dan pengolahan data pada proses pengiriman produk jadi dari gudang jadi hingga ke distributor/retailer/konsumen**

- a. Waktu : Waktu yang dibutuhkan untuk distribusi produk

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor   |
| Data :            | Waktu penyimpanan pada gudang<br>Waktu proses distribusi<br>Waktu pembelian ulang distributor<br>Tingkat pembelian konsumen |
| Rumus Efisiensi : | $1 - \frac{LT \text{ rencana} - LT \text{ Aktual}}{LT \text{ Rencana}}$   |

- b. Tingkat persediaan: Jumlah material yang bisa digunakan pada saat order picking dibandingkan jumlah material yang dibeli

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Admin Gudang Jadi<br>Admin Distributor   |
| Data :            | Ketersediaan produk pada gudang<br>Ketersediaan produk pada distributor          |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{Jumlah produksi} - \text{jumlah tersimpan}}{\text{total produksi}}$ |

- c. Kualitas: Jumlah produk terdistribusi yang sesuai spesifikasi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor   |
| Data :            | Kualitas produk pada gudang<br>Kualitas produk pada kegiatan distribusi<br>Kualitas produk pada distributor |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{Jumlah produk terdistribusi} - \text{jumlah produk cacat}}{\text{total pengiriman}}$           |

- d. Biaya : Biaya distribusi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Akuntan   |
| Data :            | Biaya pada aktivitas distribusi                     |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{Value added cost}}{\text{Total Cost}}$ |

- e. Konsumsi Material: Jumlah konsumsi material selama proses distribusi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor   |
| Data :            | Penggunaan material tambahan untuk kegiatan penyimpanan produk<br>Penggunaan material tambahan untuk kegiatan distribusi<br>Penggunaan material tambahan untuk kegiatan penyimpanan produk oleh distributor |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah konsumsi material value added}}{\text{Total material}}$   |

- f. Konsumsi Air: Jumlah konsumsi air selama proses distribusi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor   |
| Data :            | Penggunaan air untuk kegiatan penyimpanan produk<br>Penggunaan air untuk kegiatan distribusi<br>Penggunaan air untuk kegiatan penyimpanan produk oleh distributor |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah konsumsi air value added}}{\text{Total air}}$   |

- g. Konsumsi Energi : Jumlah konsumsi energi selama proses distribusi

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor  |
| Data :            | Penggunaan energi untuk kegiatan penyimpanan produk pada gudang jadi<br>Penggunaan energi untuk kegiatan penyimpanan produk pada kegiatan distribusi<br>Penggunaan energi untuk kegiatan penyimpanan produk pada distributor |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah konsumsi energi value added}}{\text{Total energi}}$  |

- h. Emisi : Jumlah emisi yang dihasilkan

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor  |
| Data :            | Hasil emisi dari kegiatan persiapan material                 |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah emisi value added}}{\text{Total emisi}}$ |

- i. Tanah: Jumlah konsumsi tanah selama proses distribusi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor   |
| Data :            | Pengukuran luas area penyimpanan produk jadi dan distribusi yang dimanfaatkan dengan baik dan tidak, serta jumlah lahan hijau |
| Rumus Efisiensi : | $1 - \frac{\text{total tanah} - \text{used value added} - \text{green land}}{\text{Total tanah}}$                             |

- j. Pengelolaan Limbah: Tingkat pengolahan limbah yang dihasilkan selama proses distribusi

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Admin Gudang Jadi<br>Bagian distribusi<br>Admin Distributor  |
| Data :            | Jumlah limbah yang dihasilkan<br>Jumlah limbah yang dikelola |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah limbah diolah}}{\text{Total limbah}}$    |

- k. Kepuasan pekerja: Jumlah pegawai distribusi yang loyal

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | HRD  |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian distribusi yang masuk dan keluar (resign)                          |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai distribusi} - \text{pegawai resign}}{\text{Total pegawai distribusi}}$ |

- l. Kesehatan pekerja: Jumlah pegawai yang ijin sakit

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | HRD   |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian distribusi tidak masuk karena sakit                                 |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai distribusi} - \text{pegawai izin sa}}{\text{Total pegawai distribusi}}$ |

- m. Keselamatan pekerja: Jumlah pegawai distribusi yang mengalami kecelakaan kerja

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | HRD   |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian distribusi yang mengalami kecelakaan kerja                          |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai distribusi} - \text{pegawai kecelak}}{\text{Total pegawai distribusi}}$ |

- n. Pengembangan diri pekerja: Jumlah training pegawai distribusi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | HRD   |
| ata :             | Jumlah tenaga kerja pada bagian distribusi yang telah dilakukan training                    |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai distribusi yang mendapat tr}}{\text{Total pegawai distribusi}}$ |

**4. Tahap Konsumsi: Pengumpulan dan pengolahan data pada proses konsumsi produk pada konsumen**

- a. Waktu : umur hidup produk

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Pemasaran   |
| Data :            | Umur hidup actual produk<br>Umur hidup rencana produk        |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{umur hidup aktual}}{\text{Umur hidup rencana}}$ |

- b. Kualitas: tingkat kerusakan produk pada konsumen

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Pemasaran          |
| Data :            | Jumlah keluhan pelanggan  |
| Rumus Efisiensi : | $\text{tingkat complain}$ |

- c. Biaya : Biaya distribusi

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Akuntan  |
| Data              | Biaya perawatan selama garansi                             |
| Rumus Efisiensi : | $1 - \frac{\text{biaya perawatan}}{\text{biaya produksi}}$ |

- d. Konsumsi Material: Jumlah konsumsi material selama proses konsumsi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Pemasaran  |
| Data :            | Data kebutuhan material aktual konsumen<br>Data kebutuhan material standar konsumen |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{Kebutuhan material aktual}}{\text{Kebutuhan material standar}}$        |

- e. Konsumsi Air: Jumlah konsumsi air selama proses konsumsi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Pemasaran  |
| Data :            | Data kebutuhan air aktual konsumen<br>Data kebutuhan air standar konsumen |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{Kebutuhan air aktual}}{\text{Kebutuhan air standar}}$        |

- f. Konsumsi Energi : Jumlah konsumsi energi selama proses konsumsi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Bagian Pemasaran  | Bagian Pemasaran  |
| Data :            | Data kebutuhan energi aktual konsumen<br>Data kebutuhan energi standar konsumen |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{Kebutuhan energi aktual}}{\text{Kebutuhan energi standar}}$        |

- g. Emisi : Jumlah emisi yang dihasilkan dari kegiatan konsumsi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Pemasaran  |
| Data :            | Data hasil emisi aktual konsumen<br>Data hasil emisi standar konsumen |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{Emisi yang dihasilkan}}{\text{Emisi standar}}$           |



- h. Tanah: Jumlah konsumsi tanah selama proses konsumsi

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Pemasaran  |
| Data :            | Data kebutuhan lahan aktual konsumen<br>Data kebutuhan lahan standar konsumen |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{Kebutuhan lahan aktual}}{\text{Kebutuhan lahan standar}}$        |

- i. Pengelolaan Limbah: Tingkat pengolahan limbah yang dihasilkan selama proses konsumsi

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Pemasaran   |
| Data :            | Jumlah limbah yang dihasilkan<br>Jumlah limbah yang dikelola |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah limbah diolah}}{\text{Total limbah}}$    |

- j. Kepuasan: tingkat penyaluran kegiatan CSR

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Pemasaran   |
| Data :            | Dana CSR yang ditargetkan<br>Dana CSR yang disalurkan                              |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah dana CSR yang tersalurkan}}{\text{Dana CSR yang ditargetkan}}$ |

- k. Kesehatan : potensi material berbahaya

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Pemasaran                                    |
| Data :            | Data eco cost                                       |
| Rumus Efisiensi : | $1 - \frac{\text{eco cost}}{\text{Total eco cost}}$ |

- l. Pengembangan diri : knowledge sharing kepada konsumen

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Pemasaran  |
| Data :            | Jumlah knowledge sharing konsumen<br>Jumlah konsumen                        |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah knowledge - sharing konsumen}}{\text{jumlah konsumen}}$ |

**5. Tahap *End Of Life* : Pengumpulan dan pengolahan data pada proses / aktivitas tambahan renewable produk (6R) ketika produk telah selesai dikonsumsi oleh konsumen**

- a. Waktu : Waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi produk 6R

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Produksi 6R  |
| Data :            | Waktu proses produksi<br>Waktu pemindahan material<br>Waktu <i>bottle neck</i> (idle) |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{waktu value added}}{\text{waktu proses renewable}}$                      |

- b. Tingkat persediaan: jumlah produk 6R

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Produksi 6R   |
| Data :            | Jumlah produk 6R<br>Jumlah produk pasca pakai                            |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah produk renewable}}{\text{Total produk pasca pakai}}$ |

- c. Kualitas: Rasio jumlah produk 6R yang sesuai spesifikasi

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Quality Control 6R   |
| Data :            | kualitas produksi produk 6R yang sesuai spesifikasi                                |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah produk renewable berkualitas}}{\text{Total produk renewable}}$ |

- d. Biaya : Biaya produksi produk *renewable* (6R)

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Akuntan 6R   |
| Data :            | Biaya pada aktivitas produksi produk 6R                                |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{biaya proses renewable value added}}{\text{Total biaya}}$ |

- e. Konsumsi Material: Jumlah konsumsi material selama proses *renewable* (6R)

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Produksi 6R   |
| Data :            | Data penggunaan material untuk kegiatan <i>renewable</i> (6R)                          |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{kebutuhan material value added proses renewable}}{\text{Total material}}$ |

- f. Konsumsi Air: Jumlah konsumsi air selama proses *renewable* (6R)

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Bagian Produksi 6R   |
| Data :            | Data penggunaan air untuk kegiatan <i>renewable</i> (6R)                     |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{kebutuhan air value added proses renewable}}{\text{Total air}}$ |

- g. Konsumsi Energi : Jumlah konsumsi energi selama proses p *renewable* (6R)

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Manager Technical 6R   |
| Data :            | Data penggunaan energi untuk kegiatan <i>renewable</i> (6R)                        |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{kebutuhan energi value added proses renewable}}{\text{Total energi}}$ |

- h. Emisi : Jumlah emisi yang dihasilkan dari proses *renewable* (6R)

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggungan Jawab: | Manager Technical 6R   |
| Data :            | Data Hasil emisi dari kegiatan <i>renewable</i> (6R)                   |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{Emisi value added proses renewable}}{\text{Total emisi}}$ |

- i. Tanah: Jumlah konsumsi tanah selama proses *renewable* (6R)

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Admin produksi 6R  |
| Data :            | Pengukuran luas area <i>renewable</i> (6R) yang dimanfaatkan dengan baik dan tidak, serta jumlah lahan hijau |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{kebutuhan lahan value added proses renewable}}{\text{Total lahan}}$                             |

- j. Pengelolaan Limbah: Tingkat pengolahan limbah yang dihasilkan selama proses *renewable* (6R)

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | Bagian TPS Perusahaan 6R                                     |
| Data :            | Jumlah limbah yang dihasilkan<br>Jumlah limbah yang dikelola |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah limbah diolah}}{\text{Total limbah}}$    |

- k. Kepuasan pekerja: Jumlah pegawai proses *renewable* (6R) yang loyal

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | HRD 6R   |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian produksi yang masuk dan keluar (resign)                        |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi} - \text{pegawai resign}}{\text{Total pegawai produksi}}$ |

- l. Kesehatan pekerja: Jumlah pegawai proses *renewable* (6R) yang izin sakit

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | HRD 6R   |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian produksi tidak masuk karena sakit                                  |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi} - \text{pegawai izin sakit}}{\text{Total pegawai produksi}}$ |

- m. Keselamatan pekerja: Jumlah pegawai proses *renewable* (6R) yang mengalami kecelakaan kerja

|                   |  |
|-------------------|--|
| Tanggung Jawab:   | HRD 6R   |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian produksi yang mengalami kecelakaan kerja                           |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi} - \text{pegawai kecelakaan}}{\text{Total pegawai produksi}}$ |

- n. Pengembangan diri pekerja: Jumlah training pegawai proses *renewable* (6R)

|                   |   |
|-------------------|---|
| Tanggung Jawab:   | HRD 6R  |
| Data :            | Jumlah tenaga kerja pada bagian produksi yang telah dilakukan training                        |
| Rumus Efisiensi : | $\frac{\text{jumlah pegawai produksi yang mendapat training}}{\text{Total pegawai produksi}}$ |

### **C. Check**

1. Mengidentifikasi kegiatan yang bernilai tambah (*Value Added*) dan tidak
2. Menggambar *Current* LC-VSM
3. Analisa hasil pengukuran efisiensi terhadap target sustainabilitas awal
4. Identifikasi pemborosan sepanjang siklus hidup produk pada ketiga aspek (ekonomi, lingkungan, dan sosial)
5. Identifikasi penyebab utama permasalahan

### **D. Act**

1. Perencanaan Perbaikan dan pengambilan keputusan untuk meningkatkan sustainabilitas sistem
2. Penggambaran *Future* LC-VSM
3. Pelaksanaan rencana perbaikan
4. Pengawasan pada pelaksanaan perbaikan
5. Pencatatan seluruh kegiatan pelaksanaan dengan baik

## **8.2 Usulan Perbaikan Pada Metode dan Metodologi LC-VSM**

1. Pengukuran efisiensi pada indikator waktu (*lead time*) pada tahap pra manufaktur dan distribusi. Pengukuran efisiensi ini kurang tepat disebabkan oleh waktu pada tahap manufaktur diartikan oleh Hartini et al (2016) adalah waktu yang dibutuhkan oleh supplier untuk memenuhi pemesanan material. Pada kenyataan pada pengumpulan data setiap material utama dan pendukung memiliki waktu LT rencana dan actual yang berbeda setiap pemesanan dilakukan. Sehingga tidak dapat mengeneralisasikan waktu LT actual dan rencana pada material. Selain hal tersebut, konsep pengukuran *lead time* pada VSM konvensional dan beragam pengembangan VSM adalah perbandingan waktu antara aktivitas bernilai tambah (VA) dan tidak bernilai tambah (NVA). Faktanya pada peta LC-VSM yang digambarkan pada peta pada indikator LC-VSM adalah pergerakan material pada tahap persiapan material dimulai dari lama waktu pemesanan material, waktu lama pembelian material dengan kendaraan pribadi perusahaan, waktu lama proses inspeksi, hingga waktu lama pergerakan material (lama penyimpanan material pada gudang). Oleh karena itu pengukuran efisiensi pada tahap pra manufaktur dapat

dipertimbangkan kembali oleh Hartini et al (2016) untuk menggunakan perbandingan waktu antara aktivitas bernilai tambah (VA) dan tidak bernilai tambah (NVA) pada tahap pra manufaktur. Aktivitas bernilai tambah pada tahap pra manufaktur seperti waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan material ketika akan digunakan oleh bagian produksi. Sedangkan aktivitas yang tidak bernilai tambah seperti proses inspeksi, pembelian dengan kendaraan pribadi perusahaan, dan lama waktu penyimpanan material pada gudang. Sama halnya dengan pengukuran waktu (*lead time*) pada tahap distribusi diartikan oleh Hartini et al (2016) sebagai perbandingan waktu pengiriman kepada konsumen secara aktual terhadap waktu rencana. Pengukuran ini kurang tepat karena tidak membandingkan antara waktu aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah pada proses distribusi. Pengukuran pada perbandingan waktu pembelian pada supplier dan pengiriman pada distribusi yang sesuai rencana dapat dihitung sebagai produktivitas setiap tahap.

- 1) Produktivitas tahap pra manufaktur: Perbandingan jumlah material yang tepat kirim atau sesuai dengan LT yang direncanakan
  - 2) Produktivitas tahap manufaktur: perbandingan jumlah produksi yang tepat jumlah dengan rencana atau target produksi
  - 3) Produktivitas tahap distribusi: perbandingan jumlah produk yang terdistribusi kepada retailer/distributor/konsumen sesuai dengan rencana pengiriman.
  - 4) Produktivitas tahap konsumsi : -
  - 5) Produktivitas tahap end of life : perbandingan jumlah produk yang dapat di *reuse* terhadap jumlah rencana produk *reuse*.
2. Pengukuran tingkat persediaan pada tahap pra manufaktur kurang tepat karena pada tahap ini tingkat persediaan diartikan oleh Hartini et al (2016) adalah jumlah material yang dapat digunakan ketika akan digunakan terhadap jumlah material yang dibeli. Hal ini berbeda dengan pengertian pada tingkat persediaan pada tahap lainnya seperti pada tahap manufaktur diartikan jumlah WIP, pada tahap distribusi adalah jumlah produk yang

terdistribusi, dan tahap *end of life* adalah jumlah produk yang dapat direnewable. Sehingga pada tahap manufaktur dapat dipertimbangkan kembali untuk menggunakan pengukuran jumlah material yang digunakan.

3. Perlu mengkaji lebih lanjut terkait indikator pada LC-VSM khususnya pada sosial karena belum mampu mengidentifikasi kegiatan berbahaya bagi pekerja
4. Konsumsi tanah pada setiap tahapan siklus hidup produk kurang dapat dipahami dengan baik dan perlu dikaji lebih dalam

### 8.3 Sistem Manajemen Penerapan LC-VSM

Untuk memudahkan para pengguna menggunakan metode dan metodologi LC-VSM maka dibutuhkan sistem manajemen penerapan untuk LC-VSM. Sistem manajemen penerapan LC-VSM nantinya akan mengacu pada sistem manajemen lingkungan dengan standar SNI. Sistem manajemen penerapan LC-VSM digunakan sebagai dasar dalam mengukur performansi perusahaan terkait *sustainability*. Sistem ini merupakan sistem *continuous improvement* yaitu usaha untuk memperbaiki dan meningkatkan performansi sustainabilitas perusahaan dan mengacu pada metodologi PDCA (*plan – do – check – act*). Berikut ini aktivitas yang dilakukan pada setiap tahapan PDCA:

1. *Plan* merupakan penetapan tujuan dan target tingkat *sustainability* yang diharapkan.
2. *Do* untuk pelaksanaan pengumpulan dan pengolahan data terkait aspek dan indikator yang penting untuk diukur pada LC-VSM
3. *Check* merupakan proses evaluasi dan analisis hasil pemetaan LC-VSM, mengidentifikasi permasalahan yang terjadi sepanjang siklus hidup produk terkait aspek dan indikator yang kurang efisien, dan mengidentifikasi penyebab permasalahan.
4. *Act* merupakan proses perancangan dan pelaksanaan rencana perbaikan permasalahan yang ada secara berkelanjutan untuk mencapai target *sustainability* yang diharapkan atau keseluruhan aspek dan indikator mencapai 100 %.

## **BAB 9**

### **PENUTUP**

#### **9.1 Kesimpulan**

Dari hasil pengumpulan dan pengolahan pada penelitian ini, kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. LC-VSM mampu diterapkan pada berbagai produk yang menggunakan strategi *reverse logistic* dan 6R untuk mengidentifikasi pemborosan ekonomi, lingkungan, dan sosial sepanjang siklus hidup produk.
2. Dari hasil pengukuran *applicability* metode dan metodologi LC-VSM dari perspektif peneliti didapatkan bahwa metode LC-VSM dinilai *applicable* untuk digunakan. Hal ini dibuktikan pada proses penerapan LC-VSM pada tiga perusahaan manufaktur didapatkan bahwa metode LC-VSM bermanfaat untuk mengidentifikasi dan mengukur performansi *sustainability* suatu produk sepanjang siklus hidup produk. Selain hal tersebut LC-VSM memberikan banyak kelebihan dibandingkan kelemahan pada metode LC-VSM. Kelebihan metode LC-VSM adalah banyak kemanfaatan didapatkan pada metode LC-VSM bila dibandingkan VSM konvensional dan LC-VSM telah memenuhi 77 % kebutuhan metrik *sustainability*. Namun metodologi LC-VSM dinilai kurang *applicable* karena metode LC-VSM membutuhkan pengumpulan data dan pengolahan data yang cukup banyak, melibatkan banyak pihak dari internal dan eksternal, serta membutuhkan waktu yang cukup untuk proses pengumpulan dan pengolahan data. Sehingga LC-VSM lebih mudah digunakan untuk perusahaan yang memiliki tingkat kesiapan sumber daya manusia dan ketersediaan data. Dari hal tersebut meninjau tingkat kemanfaatan dan tingkat kesulitan yang dihadapi maka metode dan metodologi LC-VSM baik untuk digunakan namun membutuhkan perbaikan dan beberapa alat pendukung sebagai perantara mengurangi tingkat kesulitan yang dihadapi.

3. Dari hasil penyebaran kuesioner *applicability* metode dan metodologi LC-VSM pada perusahaan (pengguna) didapatkan bahwa ketiga perusahaan menganggap bahwa LC-VSM memberikan banyak manfaat pada proses identifikasi dan penyelesaian permasalahan mengenai sustainability (80%), LC-VSM mudah untuk dipelajari (70 %), pengguna puas dengan adanya metodologi LC-VSM (75 %), dan LC-VSM sulit untuk diterapkan atau digunakan (65 %). Sehingga hasil pengukuran *applicability* dapat ditarik kesimpulan bahwa LC-VSM memberikan banyak manfaat bagi pengguna dalam mengidentifikasi pemborosan terkait triple bottom line sepanjang siklus hidup produk dan responden cukup puas dengan metodologi ini, namun LC-VSM sedikit sulit untuk dipelajari karena sulit mengingat dan membiasakan pembangunannya. Selain itu LC-VSM dianggap kurang mudah digunakan karena membutuhkan banyak langkah dan keahlian dalam membangun LC-VSM.
4. Dari hasil analisa *applicability* dari perspektif peneliti dan pengguna maka ditarik kesimpulan bahwa metode LC-VSM *applicable* bagi para pengguna nantinya untuk mengevaluasi performansi *sustainability* sepanjang siklus hidup produk, namun masih terdapat kekurangan pada LC-VSM yaitu pada metodologi LC-VSM dianggap rumit karena membutuhkan serangkaian langkah yang panjang dan melibatkan banyak pihak internal dan eksternal.
5. Pengembangan sistem manajemen penerapan LC-VSM telah disusun berdasarkan ketidaksesuaian/hambatan/kelemahan selama proses penerapan metode dan metodologi LC-VSM dengan harapan mampu memudahkan proses penggunaan LC-VSM kedepannya.

## 9.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk meningkatkan kualitas penelitian pada bidang ini adalah:

1. Identifikasi indikator pada setiap aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial perlu untuk dikaji lebih jauh demi menghasilkan metodologi yang mampu memenuhi seluruh kebutuhan berbagai jenis produk.



2. Mengembangkan *software* yang berfungsi untuk memudahkan para pengguna dalam menggunakan metodologi LC-VSM

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## Daftar Pustaka

- Al Serafi & Elragal, (2011), "The Effect of ERP System Implementation on Business Performance: An Exploratory Case-Study". *Communications of the IBIMA*. Vol 2011, IBIMA Publishing
- Asian Development Bank (2012), *World Sustainable Development Timeline*, ADB, Philippines.
- Begley, R., (1996), "ISO 14000: a step toward industry self-regulation". *Environmental Science and Technology News*, vol. 30, no. 7, hal. 298–302.
- Bhamu, J. & Sangwan, K.S., (2014), "Lean manufacturing : literature review and research issues", *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 34, no.7, hal. 876–940.
- Bharath, R. & Prakash G.S., (2014), "Lead time Reduction Using Lean Manufacturing Principles For Delivery Valve Production", *Global Journal of Finance and Management*, Vol. 6, No. 1, hal. 35-40.
- Brooke, J., (1986), "SUS - A quick and dirty *usability* scale", *Usability Evaluation in Industry*, eds: Jordan, P.W. Thomas, B. Weerdmeester, B. & McLellan, Taylor & Francus, London, hal 189-194.
- Brown, A. Amundson, J. & Badurdeen, F., (2014), "Sustainable *value* stream mapping ( Sus-VSM ) in different *manufacturing* system configurations : application case studies", *Journal of Cleaner Production*, hal. 1–16.
- Cox, J.F. & Blackstone, J.H. (Eds) (1998), APICS Dictionary, 9th ed., APICS – The Educational Society for Resource Management, Falls Church, VA. Dahlgaard,
- Crosby, P. (1979). *Quality is Free*. New York, McGraw-Hill.
- D.N Plues et al., (2016). "Joint *applicability* test of software for laboratory assessment and risk analysis", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries Joint applicability test of software for laboratory assessment and risk analysis*, vol. 40. hal. 234-240
- Dadashzadeh, M., & Wharton, T.J., (2012), "A *Value* Stream Approach For Greening The IT Department", *International Journal Management & Information Systems*, vol 16, no 2, hal. 125–136.
- Davis, Keith & John W. Newstrom, (1997), *Human Behavior at Work Organization Behavior*. Seventh Edition. McGraw-Hill. Series In Management New Delhi.

- Dornfeld, D., Yuan, C., Diaz, N., Zhang, T., & Vijayaragh, A., (2013). "Introduction to Green manufacturing", In: Green Manufacturing, Springer US, Business Media New York, hal. 1-23
- Dues, C.M. Tan, K.H. & Lim, M., (2103), "Green as the ner Lean: how to use Lean practice as the catalyst to greening your supply chain", *Journal of Cleaner Production*, vol. 40, hal. 93 - 100.
- Faulkner, W. & Badurdeen, F. (2014), "Sustainable *Value Stream Mapping* (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance", *Journal of Cleaner Production*, vol. 85, hal. 8–18.
- Finnveden, G., Hauschild, M., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., & Suh, S., (2009), "Recent developments in life cycle assessment" *Journal of Environment Management*, vol. 91, no. 1, hal. 1-21.
- Folinas, D., Aidonis, D., Triantafillou, D., & Malindretos, G., (2013), "Exploring the greening of the food supply chain with lean thinking techniques", *Procedia Technology*, vol. 8, hal. 416–424.
- Folinas, D. Aidonis, D., Malindretos, G., Voulgarakis, N., & Triantafillou, D., (2014), "Greening the agricultural food supply chain with lean thinking practices," *International Journal Agriculture Resources Governance and Ecology*, vol. 10, no. 2, hal 129-145
- G. Hilson & V Nayee., (2002), "Environmental management system implementation in the mining industry: a key to achieving cleaner production", *International Journal of Mineral Processing*, vol. 64, hal 19-41.
- Gupta, O., Priyadarshini, K., Massoud, S., & Agrawal, S. K. (2004). "Enterprise Resource Planning: Planning: A Case of a Blood Bank," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 104, no. 7, hal. 589-603.
- Haefner, B., Kraemer A., Stauss T., & Lanza G. (2014), "Quality *Value Stream Mapping* Variety Management in Manufacturing", *Procedings of the 47<sup>th</sup> CIRP Conference on Manufacturing System*, Germany: Institute of production Science. hal. 254-259,
- Hartini, S. Ciptomulyono, U. & Anityasari, M., (2016). *Model Pengukuran Sustainability Berbasis Lean dan Green Untuk Perusahaan Manufaktur*. Draft Proposal Disertasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Hartini, S. Ciptomulyono, U. & Anityasari, M., (2016), "Introduction Life Cycle And *Value Stream Mapping* To Enhance Total Sustainability" *7<sup>th</sup> International Conference on Operations and Supply Chain Management, Phuket*.

- Hartini, S. Ciptomulyono, U. & Anityasari M., (2016), "Extended *Value Stream Mapping* To Enhance *Sustainability*: A Literature Review".
- Herowati, E., Ciptomulyono, U. Parung, J., Suparno., (2014), "Expertise-Based *Experts Importance Weights In Adverse Judgment*", *ARNP Journal of Engineering and Applied Science*, vol. 9, no. 9. hal. 1428-1435.
- Herowati, E., Ciptomulyono, U. Parung, J., Suparno., (2014), "Expertise-based *Experts Ranking at Multiplicative Preference Relations on Alternatives*" *Proceedings of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2014*.
- Herowati, E., Ciptomulyono, U. Parung, J., Suparno., (2015), "Expertise-based Ranking of *Experts*: An Assessment Level Approach", *Fuzzy Sets and System*.
- Hines, P. & Taylor, (2000), "*Value Stream Management*". *The International Journal of Logistics Management*, vol. 9, no. 1, hal. 25–42.
- Huang, S. Y., Huang, S.-M., Wu, T.-H & Lin, W.-K. (2009). "Process Efficiency of the Enterprise Resource Planning Adoption," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 109, no. 8, hal. 1085-1100.
- Jasch, C., (2000). "Environmental performance evaluation and indicators", *Journal of Cleaner Productions*, vol. 8, hal 79-88.
- Jawahir, I.S., Dillon O.W., Rouch K.E., Joshi, K.J., Venkatachalam, A., & Jaafar, I.J., (2006), "Total Life-Cycle Considerations In Product Design For Sustainability: A Framework For Comprehensive Evaluation" *10<sup>th</sup> International Research/expert conference*, eds: Lloret de Mar, Barcelona, Spain, University of Kentucky.
- Jayal, A.D., Badeurdeen, F., Dillon O.W., & Jawahir, I.S., 2010. Sustainable manufacturing: Modeling and optimization challenges at the product , process and system levels. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology Sustainable manufacturing*, 2, pp.144–152.
- Jiminez, E., Tejeda, A., Perez, M., Blanco. J., & Martinez., (2012), "*Applicability of lean production with VSM to the Rioja wine sector*", *International Journal of production Research*, vol. 50, no. 7, hal. 37–41.
- Juran, J.M.; Godfrey, A.B., (1993), *Juran's Quality Handbook*, 5th Edition, McGraw Hill., New York.
- Kennerley, M, & Neely, A. (2001). "Enterprise Resource Planning: Analysing the Impact," *Integrated Manufacturing Systems*, vol 12, no 2, hal. 103-113.
- Kuriger, G.W. & Chen, F.F., (2010), "Lean and Green : A Current State View", *Proceedings of the 2010 Industrial Engineering Research Conference*, eds:

- A. Johnson & J. Miller, University of Texas, USA.
- Li, H. Cao, H. & Pan, X. (2012) "A carbon emission analysis model for electronics manufacturing process based on *value-stream mapping* and sensitivity analysis", *International Journal Computer Integrated Manufacturing*, vol. 25, no. 12, hal. 1102–1110,.
- McLellan, S. Muddimer, A. & Peres S.C. (2012), "The Effect of Experience on System *Usability Scale Ratings*" *Journal of Usability Studies*, vol. 7, no. 2, hal. 56-67
- Megayanti, W. (2015), Perbaikan Kualitas Filter Dual Karbon dengan Pendekatan Quality *Value Stream Mapping*, Skripsi, Universitas Brawijaya.
- Mulia, R. M. (2005). *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Paju, M., Heilala, J., Hentula, M., Johansson, B., Leon, S., & Lyons, K., (2010). "Framework and Indicator for Sustainable Manufacturing Mapping Methodology", *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*. hal. 3341-3422.
- Parhizkar, M. & Comuzzi M., (2017), "Impact analysis of ERP post-implementation modifications: Design, tool support and evaluation", *Computers in Industry*, vol. 84, hal 25 - 38.
- Pitic, L. Popescu, S. & Pitic D., (2014), "Roadmap for ERP evaluation and selection", *Emerging Markets Queries in Finance and Business*, vol. 15, hal 1374-1382
- Rother, M. & Shook, J., (1999), "Learning To See *Value Stream Mapping To Create Value And Eliminate Muda*".
- Schermerhorn., (1991). *Managing Organizational Behavior*. Fourth .Edition. John Wiley and Sons Inc. In The United States
- Simons, D. & Mason, (2002), "Environmental and Transport Supply Chain Evaluation with Sustainable *Value Stream Mapping*", *Logistics research networks conference*.
- Sparks, D.T., (2014). *Combining sustainable value stream mapping and simulation to asses manufacturing supply chain network performance*, Thesis Ph.D., University of Kentucky.
- Sun Hongyi., Ni, W., & Lam, R., (2015). "A step-by-step performance assessment and improvement method for ERP implementation: Action case studies in Chinese companies", *Computers in Industry*. no 68. hal 40 -52.

- The American Institute of Architect (2010), *A Guide to Building Life Cycle Assesment in Practice*, AIA, United States.
- Tian, Z.C., Chen, W.Q., Tang, P., Wang, J.G., & Shi, X., (2015), " Building Energi Optimization Tools and Their *Applicability* in Architectural Conceptual Design Stage", *6th International Building Physics Conference*, vol. 78, hal 2572 - 2577
- Torres, A.S.Jr. & Gati, A.M., (2009), "Environmental *Value Stream Mapping* (EVSM) as Sustainability Management Tool" *PICMET proceedings*, Portland, Oregon USA, hal.1689–1698.
- US Department of Commerce (DOC), 2010. The International Trade Administration and the U.S. Department of Commerce's Definition for Sustainable Manufacturing. Available via: [http://www.trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/how\\_doc\\_defines\\_SM.asp](http://www.trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/how_doc_defines_SM.asp) (diakses pada 3 janurari 2017)
- US EPA., (2007), *Lean, energi, & Climate Toolkit*, The U.S Environmental Protection Agency (EPA).
- Vinodh , S. Ruben R.B. & Asokan P. (2015), Life Cycle Assessment Integrated *Value Stream Mapping* Framework to Ensure Sustainable Manufacturing: a case study", *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 18, no. 1, hal. 279–295.
- Wieder, B., Booth, P., Matolcsy, Z.P., & Ossimitz, M., (2006). "The Impact of ERP Systems on Firm and Business Process Performance," *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 19, no. 1, hal. 13-29.
- Wirahardikusumah, R.D & Sahana, (2012), "Estimasi Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah kaca pada Pekerjaan Pengaspalan Jalan" *Jurnal Teknik Sipil, Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, vol. 19, no. 1, hal. 25-36
- Wong, W. Veneziano, V. & Mahmud I. (2015), "*Usability* of Enterprise Resource Planning Software System: an Evaluative Analysis of the Use of SAP in the Textile Industry in Bangladesh", *Article*, University California San Diego, hal 2-15.
- Womack, J., Jones, D. & Ross, D., (1990), *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates, New York.
- World Comission on Environment and Development (1987), *Our Common Future*, WCED, Brunddand Comission Oxford, Oxford University Press.
- Zelm, M., Vernadat F.B, & Kosanko, K. (1995), "The CIMOSA Business Modelling Process", *Computers in Industry*, vol 27, hal 123-142

(halaman ini sengaja dikosongkan)



## LAMPIRAN 1

### Kuesioner Perilaku Konsumen AMDK Galon PT X/PT Y

Sehubungan dengan adanya penelitian dengan judul *Life Cycle Value Stream Mapping*, Saya mengharapkan kesedian Anda untuk mengisi kuesioner dibawah ini. Kuesioner ini digunakan untuk mengetahui perilaku konsumen dalam mengkonsumsi produk AMDK Galon. Kontribusi yang Anda berikan akan memberikan banyak manfaat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan. Atas perhatian dan kesediaan Anda, saya ucapkan terimakasih.

**Nama :**

**Alamat :**

**Pekerjaan :**

#### Instruksi:

Berilah tanda lingkaran O pada jawaban dari setiap item pertanyaan yang sesuai dengan kondisi Anda.

#### A. Perilaku Konsumsi Konsumen

- 1) Apakah Anda mengkonsumsi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Galon PT X/PT Y?
  - a. Ya
  - b. Tidak
- 2) Sudah berapa kali Anda mengkonsumsi Galon PT X/PT Y?
  - a. 1 kali
  - b. 2 kali
  - c. 3-5 kali
  - d. 6-10 kali
  - e. 11-20kali
  - f. >20 kali
- 3) Berapa lama Anda mengkonsumsi (menghasbikan) satu AMDK Galon PT X/PT Y?
  - a. 1 kali
  - b. 2 kali
  - c. 3 kali
  - d. 4 kali
  - e. 5 kali
  - f. >6 kali
- 4) Untuk fungsi apa saja Anda membeli AMDK Galon PT X/PT Y?
  - a. Air Minum
  - b. Memasak
  - c. Mencuci Buah/sayur/dll
  - d. Lainnya (sebutkan) .....
- 5) Apakah Anda Memanaskan atau mendinginkan Air AMDK galon PT X/PT Y untuk memenuhi kebutuhan Anda?
  - a. Ya
  - b. Tidak

- 6) Merujuk pertanyaan no. 5, Apabila iya dengan media apa Anda memanaskan atau mendinginkan air?
  - a. Dispenser
  - b. Kompor
  - c. Kulkas
  - d. Lainnya (sebutkan) .....
- 7) Apakah Anda akan membeli ulang AMDK galon PT X/PT Y kedepannya?
  - a. Ya
  - b. Tidak
- 8) Apakah Anda merasa puas dengan kualitas produk AMDK Galon PT X/PT Y?
  - a. Ya
  - b. Tidak
- 9) Apakah Anda pernah mendapatkan AMDK Galon PT X/PT Y dalam keadaan cacat produk?
  - a. Ya
  - b. Tidak
- 10) Apa kelebihan dari AMDK Galon PT X/PT Y?
  - a. Harga
  - b. Kualitas
  - c. Kemudahan dijangkau
  - d. Lainnya (sebutkan) .....
- 11) Apa kekurangan dari AMDK Galon PT X/PT Y?
  - a. Harga
  - b. Kualitas
  - c. Kemudahan dijangkau
  - d. Lainnya (sebutkan) .....

#### **B. Perilaku Pembelian Konsumen**

- 1) Berapa lama rentang waktu Anda membeli ulang Galon AMDK PT X/PT Y setelah habis?
  - a. Langsung pembelian ulang setelah habis
  - b. 1 hari setelah habis
  - c. 2-3 hari setelah habis
  - d. 1 minggu setelah habis
  - e. Lainnya (sebutkan)..... hari/minggu/bulan
- 2) Bagaimana cara Anda melakukan pembelian?
  - a. Dikirim oleh retailer / pabrik \*
  - b. Menuju retailer / pabrik \* (pembelian sendiri)
  - c. Lainnya (sebutkan).....
- 3) Berapakah jarak rumah Anda dengan Retailer?
  - a. < 100 meter
  - b. 100 – 200 meter
  - c. 200 - 500 meter
  - d. 500 – 1000 meter (1 km)
  - e. 1 – 2 km
  - f. > 2 km
- 4) Apabila Anda membeli ulang AMDK Galon PT X/PT Y dengan pembelian sendiri, kendaraan apa yang Anda gunakan untuk menuju retailer untuk membeli AMDK Galon PT X/PT Y?
  - a. Jalan kaki
  - b. Menggunakan motor
  - c. Menggunakan mobil
  - d. Lainnya (sebutkan).....

Note: \* coret yang tidak perlu.

## LAMPIRAN 2

### Kuesioner Perilaku Konsumen Baterai (Aki) PT Z

Sehubungan dengan adanya penelitian dengan judul *Life Cycle Value Stream Mapping*, Saya mengharapkan kesediaan Anda untuk mengisi kuesioner dibawah ini. Kuesioner ini digunakan untuk mengetahui perilaku konsumen dalam mengkonsumsi produk baterai (aki). Kontribusi yang Anda berikan akan memberikan banyak manfaat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan. Atas perhatian dan kesediaan Anda, saya ucapkan terimakasih.

Nama :

Alamat :

Pekerjaan :

**Instruksi: Berilah tanda lingkaran O pada jawaban dari setiap item pertanyaan yang sesuai dengan kondisi Anda.**

- 1) Apakah Anda menggunakan baterai (Aki) PT Z untuk kendaraan Anda?
  - a. Ya
  - b. Tidak
- 2) Berapakah jarak rumah Anda dengan dealer/bengkel untuk mengganti baterai (Aki) kendaraan Anda?
  - a. .... Meter/Kilometer
- 3) Jenis baterai (Aki) PT Z apa yang Anda gunakan untuk kendaraan Anda?
  - a. .... (aki basah/aki kering)
- 4) Apa jenis kendaraan Anda?
  - a. Motor
  - b. Mobil
  - c. Pick up
  - d. Truk
  - e. Bis
  - f. Lainnya (sebutkan).....
- 5) Sudah berapa kali Anda menggunakan baterai (Aki) PT Z untuk kendaraan Anda?
  - a. 1 kali
  - b. 2 kali
  - c. 3-5 kali
  - d. 6-10 kali
  - e. >10 kali

- 6) Berapa lama rata-rata baterai (Aki) PT Z dapat digunakan secara normal pada kendaraan Anda?
- |               |              |
|---------------|--------------|
| a. 1 bulan    | e. 3 tahun   |
| b. 2-6 bulan  | f. 4 tahun   |
| c. 6-12 bulan | g. 5 tahun   |
| d. 2 tahun    | h. > 5 tahun |
- 7) Apakah Anda melakukan perawatan pada kendaraan Anda sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh perusahaan pembuat produk?
- |       |          |
|-------|----------|
| a. Ya | b. Tidak |
|-------|----------|
- 8) Apa yang Anda lakukan ketika baterai (Aki) PT Z pada kendaraan Anda sudah tidak berjalan normal atau mendekati waktu akhir hidup produk yang dijanjikan oleh perusahaan?
- |  |
|--|
| a. Langsung mengganti Aki dengan produk baru |
| b. Mencoba memperbaiki (disetrum)            |
| c. Lainnya (sebutkan).....                   |
- 9) Apakah Anda akan membeli ulang baterai (Aki) PT Z untuk kendaraan Anda?
- |       |          |
|-------|----------|
| a. Ya | b. Tidak |
|-------|----------|
- 10) Apakah Anda merasa puas dengan kualitas baterai (Aki) PT Z untuk kendaraan Anda?
- |       |          |
|-------|----------|
| a. Ya | b. Tidak |
|-------|----------|
- 11) Apa kelebihan dari baterai (Aki) PT Z untuk kendaraan Anda?
- .....
- .....
- .....
- 12) Apa kekurangan dari baterai (Aki) PT Z untuk kendaraan Anda?
- .....
- .....
- .....

Note: \* coret yang tidak perl

### LAMPIRAN 3

#### Kuesioner *Applicability* Kemudahan dan Hambatan dalam Penerapan LC-VSM

Nama Perusahaan :  
Produk :

| Tahap          | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan |
|----------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|------------|
|                |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |            |
| Pra Manufaktur | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                |            | Kualitas           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                |            | Persediaan         |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                |            | Biaya              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                | Lingkungan | Material           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                |            | Air                |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                |            | Energi             |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                |            | Emisi              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                |            | Tanah              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                |            | Pengelolaan Limbah |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                | Sosial     | Kesehatan          |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                |            | Keselamatan        |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                |            | Kepuasan           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|                |            | Pengembangan Diri  |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |

| Tahap      | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan |
|------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|------------|
|            |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |            |
| Manufaktur | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Kualitas           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Persediaan         |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Biaya              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            | Lingkungan | Material           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Air                |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Energi             |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Emisi              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Tanah              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Pengelolaan Limbah |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            | Sosial     | Kesehatan          |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Keselamatan        |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Kepuasan           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Pengembangan Diri  |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
| Distribusi | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Kualitas           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Persediaan         |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Biaya              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            | Lingkungan | Material           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Air                |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Energi             |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Emisi              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Tanah              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Pengelolaan Limbah |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            | Sosial     | Kesehatan          |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Keselamatan        |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Kepuasan           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|            |            | Pengembangan Diri  |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |

| Tahap       | Aspek      | Indikator          | Ketersediaan Data |                | Waktu pengumpulan data |        |      | Dukungan Perusahaan |         | Keterangan |
|-------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------------|--------|------|---------------------|---------|------------|
|             |            |                    | Tersedia          | Tidak tersedia | Cepat                  | Sedang | Lama | Banyak              | Sedikit |            |
| Konsumsi    | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Kualitas           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Persediaan         |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Biaya              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             | Lingkungan | Material           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Air                |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Energi             |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Emisi              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Tanah              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Pengelolaan Limbah |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             | Sosial     | Kesehatan          |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Keselamatan        |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Kepuasan           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Pengembangan Diri  |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
| End of Life | Ekonomi    | Lead time (waktu)  |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Kualitas           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Persediaan         |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Biaya              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             | Lingkungan | Material           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Air                |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Energi             |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Emisi              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Tanah              |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Pengelolaan Limbah |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             | Sosial     | Kesehatan          |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Keselamatan        |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Kepuasan           |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |
|             |            | Pengembangan Diri  |                   |                |                        |        |      |                     |         |            |

(halaman sengaja dikosongkan)



## LAMPIRAN 4

### Kuesioner Kriteria Metode Aplikatif

#### Identitas Evaluator

Nama :

Jabatan :

Lama Bekerja :

Petunjuk pengisian:

Isilah nilai sesuai range yang Anda pilih pada skala pada kriteria A atau pada skala kriteria B

1 = Apabila alternatif i dan j sama penting

3 = Apabila alternatif i agak penting dibanding alternatif j

5 = Apabila alternatif i lebih penting dibanding alternatif j

7 = Apabila alternatif i sangat penting dibanding alternatif j

9 = Apabila alternatif i mutlak penting dibanding alternatif j

2,4,6,8 = nilai diantara dua penilaian yang berdekatan

| Kriteria i  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Kriteria j  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kemanfaatan<br>( <i>usefulness</i> )                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Kemudahan<br>dipelajari<br>( <i>ease to learn</i> ) |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Kepuasan<br>penggunaan<br>( <i>satisfaction</i> )   |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Kemudahan<br>digunakan ( <i>easy to use</i> )       |
| Kemudahan<br>dipelajari<br>( <i>ease to learn</i> ) |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Kepuasan<br>penggunaan<br>( <i>satisfaction</i> )   |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Kemudahan<br>digunakan ( <i>easy to use</i> )       |
| Kepuasan<br>penggunaan<br>( <i>satisfaction</i> )   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Kemudahan<br>digunakan ( <i>easy to use</i> )       |

(halaman sengaja dikosongkan)

## LAMPIRAN 5

### Kuesioner *Applicability* Metode LC-VSM

Sehubungan dengan adanya penelitian dengan judul *Life Cycle Value Stream Mapping*, Saya mengharapkan kesediaan Anda untuk mengisi kuesioner dibawah ini. Kuesioner ini digunakan untuk mengukur applikatif dari LC-VSM yang digunakan. Kontribusi yang Anda berikan akan memberikan banyak manfaat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan terhadap perusahaan Anda. Atas perhatian dan kesediaan Anda, saya ucapkan terimakasih.

Nama :

Perusahaan :

Posisi/jabatan :

Cara Pengisian :

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada perusahaan Anda, Berilah tanda centang pada setiap item pernyataan dibawah ini dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Sangat tidak setuju
2. Tidak setuju
3. Ragu-ragu
4. Setuju
5. Sangat setuju

| No | Manfaat   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|---|---|---|---|---|
| 1  | LC-VSM memudahkan dalam identifikasi 7 waste  |   |   |   |   |   |
| 2  | LC-VSM memudahkan dalam identifikasi aktivitas <i>value added</i> dan <i>non value added</i>  |   |   |   |   |   |
| 3  | LC-VSM memudahkan dalam identifikasi waste lingkungan   |   |   |   |   |   |
| 4  | LC-VSM memudahkan dalam usaha menurunkan dampak lingkungan  |   |   |   |   |   |
| 5  | LC-VSM dapat menghemat biaya akibat pemborosan  |   |   |   |   |   |
| 6  | LC-VSM dapat meningkatkan profit  |   |   |   |   |   |
| 7  | LC-VSM dapat mengidentifikasi kegiatan yang membahayakan kesehatan dan keselamatan pekerja  |   |   |   |   |   |
| 8  | LC-VSM dapat memonitor kepuasan pekerja   |   |   |   |   |   |
| 9  | LC-VSM membantu meningkatkan keefektifan pekerjaan dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk |   |   |   |   |   |
| 10 | Menggunakan LC-VSM dapat membantu saya dalam meningkatkan produktivitas perusahaan  |   |   |   |   |   |

| No | Manfaat  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--|---|---|---|---|---|
| 11 | LC-VSM sangat berguna dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk   |   |   |   |   |   |
| 12 | LC-VSM dapat membantu saya dalam mengontrol berbagai aktivitas saya dalam mengidentifikasi berbagai aktivitas VA / NVA yang ada dalam perusahaan sepanjang siklus hidup produk |   |   |   |   |   |
| 13 | LC-VSM dapat memudahkan saya dalam menyelesaikan tugas saya dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk                               |   |   |   |   |   |
| 14 | LC-VSM dapat menghemat waktu saya dalam menyelesaikan tugas mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk                                     |   |   |   |   |   |
| 15 | LC-VSM dapat memenuhi kebutuhan saya dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk  |   |   |   |   |   |
| 16 | LC-VSM sesuai dengan harapan saya  |   |   |   |   |   |
| 17 | Penggunaan LC-VSM akan meningkatkan performansi saya dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk                                      |   |   |   |   |   |
| 18 | Penggunaan LC-VSM akan lebih efisien dibandingkan tanpa menggunakan LC-VSM   |   |   |   |   |   |
| 19 | Kesalahan ( <i>error</i> ) yang muncul dalam mengidentifikasi <i>waste</i> rendah  |   |   |   |   |   |
| No | Kemudahan dalam mempelajari ( <i>Ease to learn</i> )   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1  | Saya merasa dapat mempelajari cara membangun LC-VSM dengan cepat   |   |   |   |   |   |
| 2  | Saya merasa mudah dalam mengingat cara membangun LC-VSM  |   |   |   |   |   |
| 3  | Saya merasa LC-VSM mudah dipelajari dalam penggunaannya  |   |   |   |   |   |
| 4  | Saya merasa dalam waktu dekat saya akan mampu membiasakan cara penggunaannya   |   |   |   |   |   |
| No | Kepuasan ( <i>Satisfaction</i> )   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1  | Saya merasa puas dengan LC-VSM   |   |   |   |   |   |
| 2  | Saya akan merekomendasikan LC-VSM kepada rekan saya  |   |   |   |   |   |
| 3  | Saya merasa LC-VSM menyenangkan ketika digunakan   |   |   |   |   |   |
| 4  | Saya merasa LC-VSM bekerja sesuai dengan harapan saya  |   |   |   |   |   |
| 5  | Saya merasa LC-VSM mengagumkan   |   |   |   |   |   |
| 6  | Saya merasa membutuhkan LC-VSM   |   |   |   |   |   |
| 7  | Saya merasa akan menggunakan LC-VSM kedepannya.  |   |   |   |   |   |
| No | Kemudahan dalam penggunaan ( <i>Ease to Use</i> )  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1  | Saya merasa LC-VSM mudah digunakan   |   |   |   |   |   |
| 2  | Saya merasa LC-VSM sederhana dalam penggunaannya   |   |   |   |   |   |
| 3  | Saya merasa peta LC-VSM <i>user friendly</i>   |   |   |   |   |   |
| 4  | Saya merasa LC-VSM hanya membutuhkan sedikit langkah dalam penggunaannya   |   |   |   |   |   |
| 5  | Saya merasa LC-VSM fleksibel dalam penggunaannya (dapat disesuaikan dengan kebutuhan)  |   |   |   |   |   |
| 6  | Saya merasa dalam pengerjaan LC-VSM tidak rumit  |   |   |   |   |   |
| 7  | Saya merasa dapat membuat LC-VSM tanpa instruksi   |   |   |   |   |   |
| 8  | Saya merasa para pengguna akan menyukai LC-VSM   |   |   |   |   |   |

| No | Kemudahan dalam penggunaan ( <i>Ease to Use</i> )  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--|---|---|---|---|---|
| 9  | Dalam proses pembuatan LC-VSM, saya merasa kesalahan dapat mudah memperbaiki   |   |   |   |   |   |
| 10 | Saya merasa LC-VSM dapat digunakan setiap waktu  |   |   |   |   |   |
| 11 | Saya merasa indikator pada LC-VSM terintegrasi dengan baik sehingga mudah dipahami   |   |   |   |   |   |
| 12 | Saya merasa LC-VSM dapat memudahkan dalam mengidentifikasi <i>waste triple bottom line</i> sepanjang siklus hidup produk yang perlu untuk diperbaiki |   |   |   |   |   |
| 13 | Saya merasa interaksi dari proses pembuatan dan identifikasi mudah dipahami  |   |   |   |   |   |
| 14 | Saya merasa pengerjaan LC-VSM tidak membutuhkan orang yang memiliki kemampuan tinggi   |   |   |   |   |   |

(halaman sengaja dikosongkan)

## LAMPIRAN 6

### DATA GUDANG MATERIAL PT X (JANUARI - FEBRUARI 2017)

| TISU GALON  |       |        |        | SEAL GALON  |       |        |        |
|-------------|-------|--------|--------|-------------|-------|--------|--------|
| Tgl         | Masuk | Keluar | Sisa   | Tgl         | Masuk | Keluar | Sisa   |
| 31 Desember |       |        | 3000   | 31 Desember |       |        | 600    |
| 1 Januari   |       |        | 3000   | 1 Januari   |       | 0      | 600    |
| 2 Januari   |       |        | 3000   | 2 Januari   |       | 200    | 400    |
| 3 Januari   |       | 200    | 2800   | 3 Januari   | 5000  | 400    | 5000   |
| 4 Januari   |       | 400    | 2400   | 4 Januari   |       | 200    | 4800   |
| 5 Januari   |       | 800    | 1600   | 5 Januari   |       | 200    | 4600   |
| 6 Januari   |       | 600    | 1000   | 6 Januari   |       | 200    | 4400   |
| 7 Januari   |       | 300    | 700    | 7 Januari   |       | 200    | 4200   |
| 8 Januari   |       | 0      | 700    | 8 Januari   |       | 0      | 4200   |
| 9 Januari   |       | 400    | 300    | 9 Januari   |       | 400    | 3800   |
| 10 Januari  | 5000  | 500    | 4800   | 10 Januari  |       | 200    | 3600   |
| 11 Januari  |       | 400    | 4400   | 11 Januari  |       | 400    | 3200   |
| 12 Januari  |       | 300    | 4100   | 12 Januari  |       | 200    | 3000   |
| 13 Januari  |       | 400    | 3700   | 13 Januari  |       | 200    | 2800   |
| 14 Januari  |       | 400    | 3300   | 14 Januari  |       | 600    | 2200   |
| 15 Januari  |       | 0      | 3300   | 15 Januari  |       | 0      | 2200   |
| 16 Januari  |       | 300    | 3000   | 16 Januari  |       | 200    | 2000   |
| 17 Januari  |       | 400    | 2600   | 17 Januari  |       | 200    | 1800   |
| 18 Januari  |       | 400    | 2200   | 18 Januari  |       | 400    | 1400   |
| 19 Januari  |       | 300    | 1900   | 19 Januari  |       | 600    | 800    |
| 20 Januari  |       | 600    | 1300   | 20 Januari  |       | 400    | 400    |
| 21 Januari  |       | 200    | 1100   | 21 Januari  |       | 200    | 200    |
| 22 Januari  |       | 0      | 1100   | 22 Januari  |       | 0      | 200    |
| 23 Januari  |       | 300    | 800    | 23 Januari  | 5000  | 200    | 5000   |
| 24 Januari  |       | 100    | 700    | 24 Januari  |       | 200    | 4800   |
| 25 Januari  |       | 200    | 500    | 25 Januari  |       | 400    | 4400   |
| 26 Januari  | 5000  | 200    | 5300   | 26 Januari  |       | 200    | 4200   |
| 27 Januari  |       | 300    | 5000   | 27 Januari  |       | 0      | 4200   |
| 28 Januari  |       | 0      | 5000   | 28 Januari  |       | 0      | 4200   |
| 29 Januari  |       | 0      | 5000   | 29 Januari  |       | 0      | 4200   |
| 30 Januari  |       | 700    | 4300   | 30 Januari  |       | 600    | 3600   |
| 31 Januari  |       | 300    | 4000   | 31 Januari  |       | 200    | 3400   |
| 1 Februari  |       | 300    | 3700   | 1 Februari  |       | 200    | 3200   |
| 2 Februari  |       | 100    | 3600   | 2 Februari  |       | 200    | 3000   |
| 3 Februari  |       | 300    | 3300   | 3 Februari  |       | 200    | 2800   |
| 4 Februari  |       | 300    | 3000   | 4 Februari  |       | 200    | 2600   |
| 5 Februari  |       | 0      | 3000   | 5 Februari  |       | 0      | 2600   |
| 6 Februari  |       | 200    | 2800   | 6 Februari  |       | 400    | 2200   |
| 7 Februari  |       | 400    | 2400   | 7 Februari  |       | 400    | 1800   |
| 8 Februari  |       | 300    | 2100   | 8 Februari  |       | 200    | 1600   |
| 9 Februari  |       | 500    | 1600   | 9 Februari  |       | 200    | 1400   |
| 10 Februari |       | 200    | 1400   | 10 Februari |       | 200    | 1200   |
| 11 Februari |       | 200    | 1200   | 11 Februari |       | 200    | 1000   |
| 12 Februari |       | 0      | 1200   | 12 Februari |       | 0      | 1000   |
| 13 Februari |       | 300    | 900    | 13 Februari |       | 200    | 800    |
| 14 Februari |       | 0      | 900    | 14 Februari |       | 0      | 800    |
| 15 Februari |       | 0      | 900    | 15 Februari |       | 0      | 800    |
| 16 Februari |       | 0      | 900    | 16 Februari |       | 0      | 800    |
| 17 Februari | 5000  | 0      | 5900   | 17 Februari | 5000  | 0      | 5800   |
| 18 Februari |       | 300    | 5600   | 18 Februari |       | 200    | 5600   |
| 19 Februari |       | 0      | 5600   | 19 Februari |       | 0      | 5600   |
| 20 Februari |       | 300    | 5300   | 20 Februari |       | 200    | 5400   |
| 21 Februari |       | 300    | 5000   | 21 Februari |       | 200    | 5200   |
| 22 Februari |       | 400    | 4600   | 22 Februari |       | 400    | 4800   |
| 23 Februari |       | 300    | 4300   | 23 Februari |       | 200    | 4600   |
| 24 Februari |       | 400    | 3900   | 24 Februari |       | 400    | 4200   |
| 25 Februari |       | 200    | 3700   | 25 Februari |       | 200    | 4000   |
| 26 Februari |       | 0      | 3700   | 26 Februari |       | 0      | 4000   |
| 27 Februari |       | 300    | 3400   | 27 Februari |       | 200    | 3800   |
| 28 Februari |       | 300    | 3100   | 28 Februari |       | 600    | 3200   |
| Total       | 15000 | 14900  | 172900 | Total       | 15000 | 12400  | 178200 |

| Stiker Galon |       |        |       | Tutup Galon |       |        |       |
|--------------|-------|--------|-------|-------------|-------|--------|-------|
| Tgl          | Masuk | Keluar | Sisa  | Tgl         | Masuk | Keluar | Sisa  |
| 31 Desember  |       |        | 1661  | 31 Desember |       |        | 1000  |
| 1 Januari    |       | 0      | 1661  | 1 Januari   |       |        | 1000  |
| 2 Januari    |       | 70     | 1591  | 2 Januari   | 1000  | 1000   | 1000  |
| 3 Januari    |       | 171    | 1420  | 3 Januari   |       | 0      | 1000  |
| 4 Januari    |       | 1      | 1419  | 4 Januari   |       | 0      | 1000  |
| 5 Januari    |       | 0      | 1419  | 5 Januari   |       | 0      | 1000  |
| 6 Januari    |       | 104    | 1315  | 6 Januari   |       | 1000   | 0     |
| 7 Januari    |       | 4      | 1311  | 7 Januari   |       | 0      | 0     |
| 8 Januari    |       | 0      | 1311  | 8 Januari   |       | 0      | 0     |
| 9 Januari    |       | 181    | 1130  | 9 Januari   |       | 0      | 0     |
| 10 Januari   |       | 3      | 1127  | 10 Januari  | 1400  | 1400   | 0     |
| 11 Januari   |       | 0      | 1127  | 11 Januari  |       | 0      | 0     |
| 12 Januari   |       | 5      | 1122  | 12 Januari  |       | 0      | 0     |
| 13 Januari   |       | 89     | 1033  | 13 Januari  |       | 0      | 0     |
| 14 Januari   |       | 2      | 1031  | 14 Januari  |       | 0      | 0     |
| 15 Januari   |       | 0      | 1031  | 15 Januari  |       | 0      | 0     |
| 16 Januari   |       | 101    | 930   | 16 Januari  | 2000  | 2000   | 0     |
| 17 Januari   |       | 42     | 888   | 17 Januari  |       | 0      | 0     |
| 18 Januari   |       | 453    | 435   | 18 Januari  |       | 0      | 0     |
| 19 Januari   |       | 1      | 434   | 19 Januari  | 215   | 0      | 215   |
| 20 Januari   |       | 18     | 416   | 20 Januari  |       | 215    | 0     |
| 21 Januari   |       | 0      | 416   | 21 Januari  |       | 0      | 0     |
| 22 Januari   |       | 0      | 416   | 22 Januari  |       | 0      | 0     |
| 23 Januari   |       | 150    | 266   | 23 Januari  | 460   | 460    | 0     |
| 24 Januari   |       | 0      | 266   | 24 Januari  | 700   | 700    | 0     |
| 25 Januari   |       | 70     | 196   | 25 Januari  |       | 0      | 0     |
| 26 Januari   |       | 0      | 196   | 26 Januari  |       | 0      | 0     |
| 27 Januari   |       | 0      | 196   | 27 Januari  |       | 0      | 0     |
| 28 Januari   |       | 0      | 196   | 28 Januari  |       | 0      | 0     |
| 29 Januari   |       | 0      | 196   | 29 Januari  |       | 0      | 0     |
| 30 Januari   |       |        | 196   | 30 Januari  | 1063  | 750    | 313   |
| 31 Januari   |       | 0      | 196   | 31 Januari  |       | 313    | 0     |
| 1 Februari   |       | 1      | 195   | 1 Februari  | 1550  | 750    | 800   |
| 2 Februari   |       | 0      | 195   | 2 Februari  |       | 0      | 800   |
| 3 Februari   |       | 29     | 166   | 3 Februari  |       | 0      | 800   |
| 4 Februari   |       | 0      | 166   | 4 Februari  | 1110  | 0      | 1910  |
| 5 Februari   |       | 0      | 166   | 5 Februari  |       | 0      | 1910  |
| 6 Februari   | 2600  | 100    | 2666  | 6 Februari  |       | 800    | 1110  |
| 7 Februari   |       | 5      | 2661  | 7 Februari  |       | 0      | 1110  |
| 8 Februari   |       | 0      | 2661  | 8 Februari  | 470   | 470    | 1110  |
| 9 Februari   |       | 28     | 2633  | 9 Februari  |       | 0      | 1110  |
| 10 Februari  |       | 0      | 2633  | 10 Februari | 415   | 415    | 1110  |
| 11 Februari  |       | 0      | 2633  | 11 Februari |       | 0      | 1110  |
| 12 Februari  |       | 0      | 2633  | 12 Februari |       | 0      | 1110  |
| 13 Februari  |       | 3      | 2630  | 13 Februari | 975   | 0      | 2085  |
| 14 Februari  |       | 1      | 2629  | 14 Februari |       | 575    | 1510  |
| 15 Februari  |       | 0      | 2629  | 15 Februari |       | 0      | 1510  |
| 16 Februari  |       | 5      | 2624  | 16 Februari | 420   | 420    | 1510  |
| 17 Februari  |       | 162    | 2462  | 17 Februari |       | 0      | 1510  |
| 18 Februari  |       | 107    | 2355  | 18 Februari | 630   | 525    | 1615  |
| 19 Februari  |       | 0      | 2355  | 19 Februari |       | 0      | 1615  |
| 20 Februari  |       | 0      | 2355  | 20 Februari | 1000  | 0      | 2615  |
| 21 Februari  |       | 3      | 2352  | 21 Februari |       | 505    | 2110  |
| 22 Februari  |       | 5      | 2347  | 22 Februari |       | 1110   | 1000  |
| 23 Februari  |       | 102    | 2245  | 23 Februari |       | 0      | 1000  |
| 24 Februari  |       | 0      | 2245  | 24 Februari |       | 0      | 1000  |
| 25 Februari  |       | 3      | 2242  | 25 Februari |       | 0      | 1000  |
| 26 Februari  |       | 0      | 2242  | 26 Februari |       | 0      | 1000  |
| 27 Februari  |       | 0      | 2242  | 27 Februari | 1000  | 1000   | 1000  |
| 28 Februari  |       | 0      | 2242  | 28 Februari |       |        | 1000  |
| TOTAL        | 2600  | 2019   | 84152 | TOTAL       | 14408 | 14408  | 43598 |



| Galon       |           |               |            |
|-------------|-----------|---------------|------------|
| Tgl         | Galon Isi | Galon Kososng | Galon Baru |
| 31 Desember |           |               |            |
| 1 Januari   |           |               |            |
| 2 Januari   |           |               |            |
| 3 Januari   | 142       | 100           |            |
| 4 Januari   | 232       | 0             |            |
| 5 Januari   | 160       | 56            |            |
| 6 Januari   | 189       | 21            |            |
| 7 Januari   | 152       | 115           |            |
| 8 Januari   | 152       | 0             |            |
| 9 Januari   | 170       | 34            | 100        |
| 10 Januari  | 170       | 0             |            |
| 11 Januari  | 85        | 11            |            |
| 12 Januari  | 114       | 60            |            |
| 13 Januari  | 65        | 0             |            |
| 14 Januari  | 151       | 23            |            |
| 15 Januari  | 151       | 0             |            |
| 16 Januari  | 151       | 0             | 100        |
| 17 Januari  | 29        | 130           |            |
| 18 Januari  | 6         | 198           | 150        |
| 19 Januari  | 229       | 175           |            |
| 20 Januari  | 114       | 70            |            |
| 21 Januari  | 71        | 113           |            |
| 22 Januari  | 71        | 0             |            |
| 23 Januari  | 163       | 149           | 150        |
| 24 Januari  | 86        | 0             |            |
| 25 Januari  | 260       | 91            |            |
| 26 Januari  | 201       | 71            |            |
| 27 Januari  | 17        | 186           |            |
| 28 Januari  | 17        | 0             |            |
| 29 Januari  | 17        |               |            |
| 30 Januari  | 197       | 91            |            |
| 31 Januari  | 149       | 0             |            |
| 1 Februari  | 21        | 133           |            |
| 2 Februari  | 27        | 124           |            |
| 3 Februari  | 174       | 5             |            |
| 4 Februari  | 3         | 90            |            |
| 5 Februari  | 3         | 0             |            |
| 6 Februari  | 110       | 130           |            |
| 7 Februari  | 152       | 120           |            |
| 8 Februari  | 213       | 9             |            |
| 9 Februari  | 134       | 140           |            |
| 10 Februari | 244       | 27            |            |
| 11 Februari | 209       | 43            |            |
| 12 Februari | 209       | 0             |            |
| 13 Februari | 77        | 128           |            |
| 14 Februari | 114       | 81            |            |
| 15 Februari | 114       | 0             |            |
| 16 Februari | 78        | 50            |            |
| 17 Februari | 77        | 137           | 100        |
| 18 Februari | 95        | 115           | 100        |
| 19 Februari | 95        | 0             |            |
| 20 Februari | 75        | 135           |            |
| 21 Februari | 62        | 113           |            |
| 22 Februari | 95        | 102           |            |
| 23 Februari | 276       | 43            | 100        |
| 24 Februari | 136       | 181           |            |
| 25 Februari | 234       | 75            |            |
| 26 Februari | 234       | 0             |            |
| 27 Februari | 135       | 70            |            |
| 28 Februari | 181       | 70            |            |
|             | 7136      | 3815          | 800        |

(halaman sengaja dikosongkan)

## LAMPIRAN 7

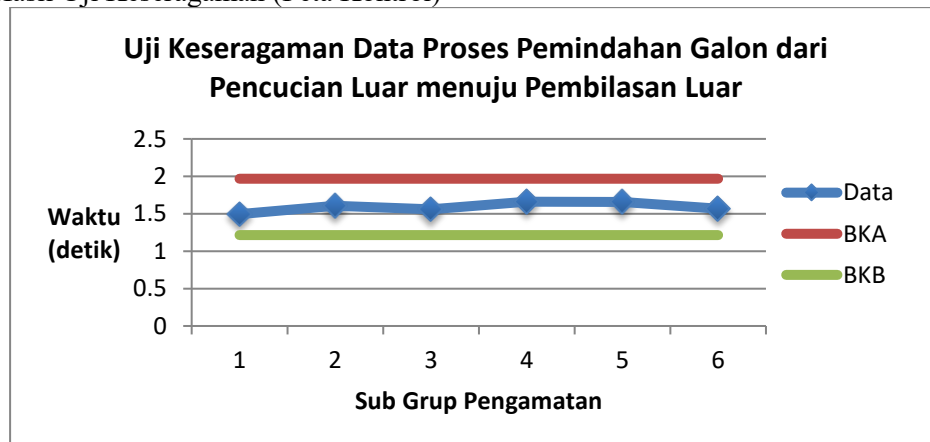
### HASIL PERHITUNGAN STS PT X

#### 1. Handle dan Pemindahan galon dari pencucian luar menuju pembilasan luar gallon

Data Waktu Hasil Pengamatan STS (detik)

| Replikasi | Subgrup |       |       |       |       |       |
|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 1         | 1.11    | 2.23  | 1.64  | 1.43  | 1.11  | 1.31  |
| 2         | 2.01    | 1.15  | 1.32  | 1.45  | 2.12  | 1.89  |
| 3         | 1.42    | 1.1   | 1.24  | 2.1   | 1.64  | 1.51  |
| 4         | 1.32    | 1.53  | 1.28  | 1.58  | 1.43  | 1.34  |
| 5         | 1.16    | 1.38  | 1.73  | 1.65  | 1.73  | 1.65  |
| 6         | 1.65    | 1.72  | 2.13  | 1.44  | 2.03  | 2.01  |
| 7         | 1.18    | 1.81  | 1.31  | 1.87  | 1.45  | 1.23  |
| 8         | 2.12    | 2.08  | 1.76  | 1.53  | 2.01  | 1.76  |
| 9         | 1.64    | 1.44  | 1.63  | 2.21  | 1.64  | 1.52  |
| 10        | 1.34    | 1.63  | 1.54  | 1.35  | 1.43  | 1.46  |
| Jumlah    | 14.95   | 16.07 | 15.58 | 16.61 | 16.59 | 15.68 |
| Rata-rata | 1.495   | 1.607 | 1.558 | 1.661 | 1.659 | 1.568 |

Hasil Uji Keseragaman (Peta Kontrol)



Hasil Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{1,96}{0,05} \sqrt{\frac{60 (157.52 - (95.48)^2)}{95.48}} \right]^2 = 56.41 \approx 57 \text{ pengamatan}$$

Performance Rating

| Faktor             | Kelas     | Lambang | Rating |
|--------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan       | Excellent | B1      | +0.11  |
| Usaha              | Excellent | B1      | +0.1   |
| Kondisi            | Fair      | E       | -0.03  |
| Konsistensi        | Excellent | B       | +0.03  |
| Jumlah             |           |         | +0.21  |
| Performance Rating |           |         | 1.21   |

### Allowance

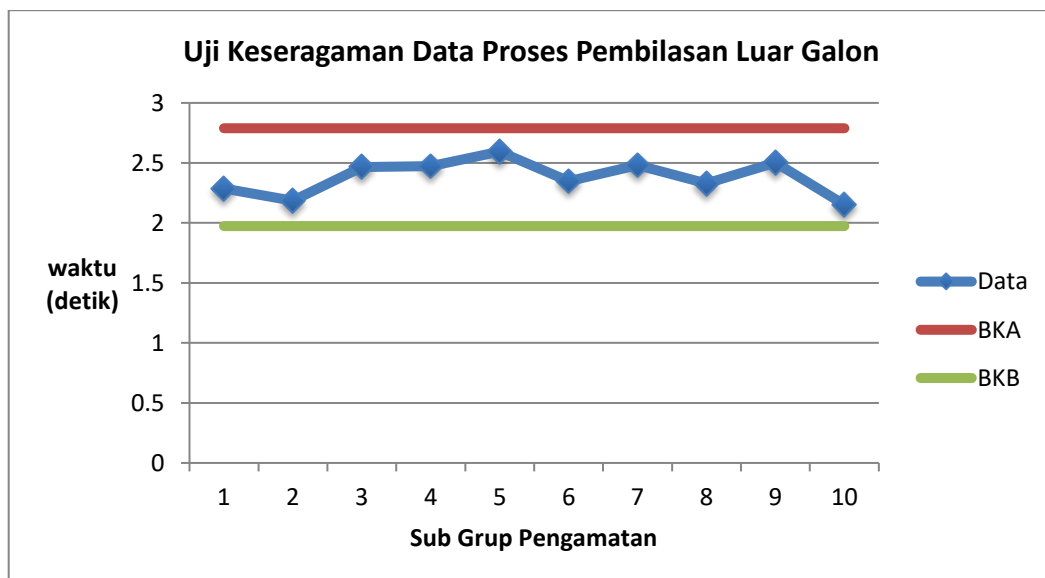
|                    |                             |    |
|--------------------|-----------------------------|----|
| Constant Allowance | Personal Allowance          | 0  |
|                    | Basic Fatigue Allowance     | 4  |
| Variable Allowance | Standing Allowance          | 2  |
|                    | Abnormal position Allowance | 0  |
|                    | Muscular Energy             | 0  |
|                    | Bad Light                   | 0  |
|                    | Atmospheric Conditions      | 5  |
|                    | Near / Close Attention      | 0  |
|                    | Noise Level                 | 0  |
|                    | Mental Strain               | 1  |
|                    | Monotony                    | 1  |
|                    | Tediousness                 | 0  |
| Total              |                             | 13 |

## 2. Proses pembilasan luar galon

Data Waktu Hasil Pengamatan STS (detik)

| Replikasi | Subgrup |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
|           | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8     | 9     | 10    |
| 1         | 1.98    | 2.29  | 2.37  | 2.29  | 2.41  | 1.9   | 2.45 | 3.21  | 2.54  | 2.43  |
| 2         | 2.46    | 2.26  | 1.98  | 2.86  | 2.54  | 3.04  | 3.01 | 2.15  | 3.01  | 2.13  |
| 3         | 2.25    | 1.94  | 2.75  | 2.33  | 3.14  | 2.76  | 1.98 | 1.78  | 2.42  | 2.23  |
| 4         | 1.61    | 1.74  | 2.44  | 2.51  | 2.65  | 1.81  | 2.14 | 2.88  | 2.87  | 1.74  |
| 5         | 3.13    | 2.69  | 2.78  | 2.37  | 2.23  | 2.23  | 2.82 | 1.63  | 1.67  | 2.23  |
| Jumlah    | 11.43   | 10.92 | 12.32 | 12.36 | 12.97 | 11.74 | 12.4 | 11.65 | 12.51 | 10.76 |
| Rata-rata | 2.286   | 2.184 | 2.464 | 2.472 | 2.594 | 2.348 | 2.48 | 2.33  | 2.502 | 2.152 |

Hasil Uji Keseragaman (Peta Kontrol)



Hasil Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{\frac{1,96}{0,05} \sqrt{50 (292.5572 - (119.06)^2)}}{119.06} \right]^2 = 49.06 \approx 49 \text{ pengamatan}$$

*Performance Rating*

| Faktor                    | Kelas     | Lambang | Rating |
|---------------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan              | Excellent | B1      | 0.11   |
| Usaha                     | Excellent | B1      | 0.1    |
| Kondisi                   | Fair      | E       | -0.03  |
| Konsistensi               | Excellent | B       | 0.03   |
| Jumlah                    |           |         | 0.21   |
| <i>Performance Rating</i> |           |         | 1.21   |

*Allowance*

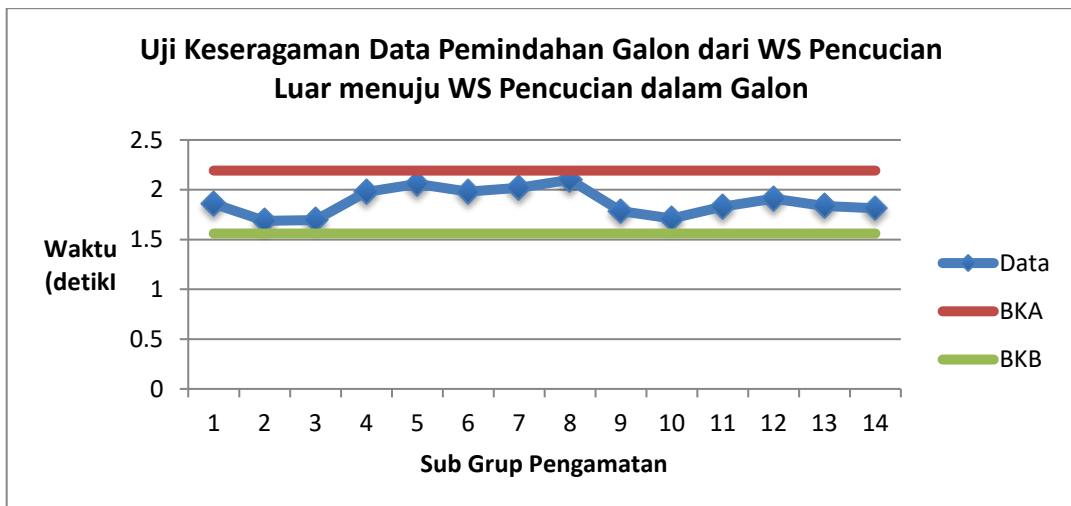
|                            |                                    |    |
|----------------------------|------------------------------------|----|
| <i>Constant Allowance</i>  | <i>Personal Allowance</i>          | 0  |
|                            | <i>Basic Fatigue Allowance</i>     | 4  |
| <i>'Variable Allowance</i> | <i>Standing Allowance</i>          | 2  |
|                            | <i>Abnormal position Allowance</i> | 2  |
|                            | <i>Muscular Energy</i>             | 0  |
|                            | <i>Bad Light</i>                   | 0  |
|                            | <i>Atmospheric Conditions</i>      | 5  |
|                            | <i>Near / Close Attention</i>      | 2  |
|                            | <i>Noise Level</i>                 | 0  |
|                            | <i>Mental Strain</i>               | 1  |
|                            | <i>Monotony</i>                    | 1  |
|                            | <i>Tediousness</i>                 | 0  |
| Total                      |                                    | 17 |

**3. Handle dan Pemindahan gallon dari pembilasan luar menuju penyabunan dalam gallon**

Data Waktu Hasil Pengamatan STS (detik)

| Replikasi        | Subgrup |       |       |       |       |       |      |      |       |      |      |       |       |       |
|------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|
|                  | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8    | 9     | 10   | 11   | 12    | 13    | 14    |
| <b>1</b>         | 1.23    | 1.49  | 1.24  | 2.97  | 2.08  | 1.9   | 1.54 | 2.23 | 2.21  | 1.61 | 1.43 | 2.1   | 1.77  | 1.64  |
| <b>2</b>         | 1.41    | 1.66  | 1.59  | 2.4   | 2.01  | 2.01  | 2.13 | 2.11 | 1.42  | 1.77 | 2.12 | 2.21  | 1.54  | 2     |
| <b>3</b>         | 2.2     | 1.61  | 1.99  | 1.43  | 2.6   | 2.26  | 1.87 | 1.56 | 1.89  | 1.45 | 2.43 | 1.87  | 1.9   | 1.66  |
| <b>4</b>         | 3.03    | 1.37  | 1.55  | 1.51  | 2.18  | 1.61  | 1.74 | 2.16 | 1.73  | 2.04 | 1.69 | 1.93  | 2.22  | 1.74  |
| <b>5</b>         | 1.43    | 2.31  | 2.11  | 1.58  | 1.42  | 2.13  | 2.82 | 2.44 | 1.67  | 1.68 | 1.48 | 1.45  | 1.76  | 2.03  |
| <b>Jumlah</b>    | 9.3     | 8.44  | 8.48  | 9.89  | 10.29 | 9.91  | 10.1 | 10.5 | 8.92  | 8.55 | 9.15 | 9.56  | 9.19  | 9.07  |
| <b>Rata-rata</b> | 1.86    | 1.688 | 1.696 | 1.978 | 2.058 | 1.982 | 2.02 | 2.1  | 1.784 | 1.71 | 1.83 | 1.912 | 1.838 | 1.814 |

#### Hasil Uji Keseragaman (Peta Kontrol)



#### Hasil Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{1,96}{0,05} \sqrt{\frac{70 (257.185 - (131.35)^2)}{131.35}} \right]^2 = 66.81 \approx 67 \text{ pengamatan}$$

#### Performance Rating

| Faktor             | Kelas     | Lambang | Rating |
|--------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan       | Excellent | B1      | 0.11   |
| Usaha              | Excellent | B1      | 0.1    |
| Kondisi            | Fair      | E       | -0.03  |
| Konsistensi        | Excellent | B       | 0.03   |
| Jumlah             |           |         | 0.21   |
| Performance Rating |           |         | 1.21   |

#### Allowance

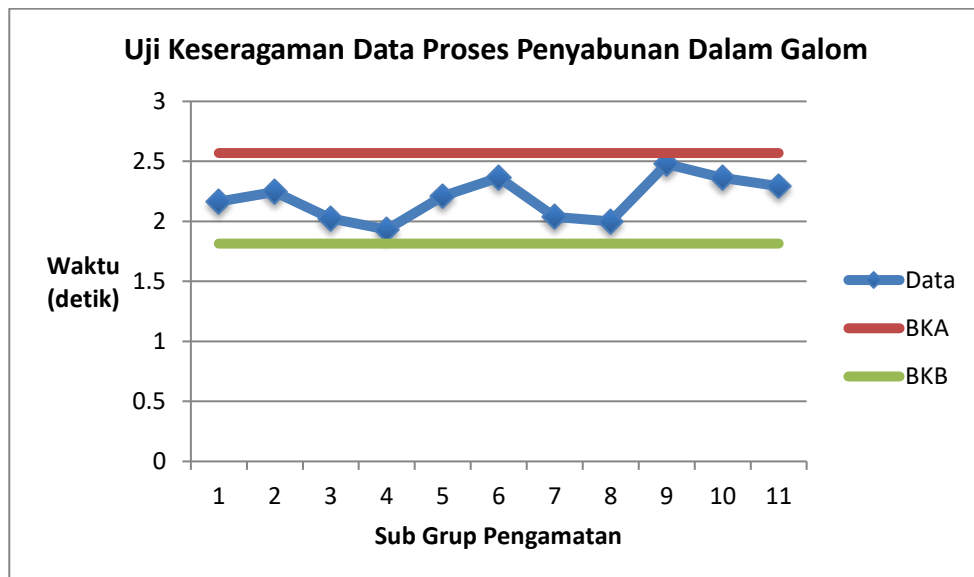
|                    |                             |    |
|--------------------|-----------------------------|----|
| Constant Allowance | Personal Allowance          | 0  |
|                    | Basic Fatigue Allowance     | 4  |
| Variable Allowance | Standing Allowance          | 2  |
|                    | Abnormal position Allowance | 0  |
|                    | Muscular Energy             | 0  |
|                    | Bad Light                   | 0  |
|                    | Atmospheric Conditions      | 5  |
|                    | Near / Close Attention      | 0  |
|                    | Noise Level                 | 0  |
|                    | Mental Strain               | 1  |
|                    | Monotony                    | 1  |
|                    | Tediousness                 | 0  |
| Total              |                             | 13 |

#### 4. Proses penyabunan dalam gallon

Data Waktu Hasil Pengamatan STS (detik)

| Replikasi | Subgrup |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
|           | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8    | 9     | 10    | 11    |
| 1         | 2.08    | 1.95  | 1.89  | 1.58  | 2.8   | 2.01  | 1.72  | 1.64 | 1.87  | 2.92  | 2.55  |
| 2         | 2.43    | 2.57  | 2.75  | 1.76  | 1.77  | 2.71  | 2.83  | 1.88 | 2.36  | 2.04  | 2.36  |
| 3         | 2.73    | 2.37  | 1.96  | 2.12  | 2.42  | 2.42  | 1.55  | 2.15 | 2.48  | 1.66  | 1.68  |
| 4         | 1.74    | 2.21  | 1.73  | 2.38  | 2.16  | 1.76  | 2.41  | 2.61 | 2.67  | 2.4   | 2.67  |
| 5         | 1.85    | 2.13  | 1.79  | 1.82  | 1.9   | 2.92  | 1.68  | 1.72 | 3.01  | 2.79  | 2.21  |
| Jumlah    | 10.83   | 11.23 | 10.12 | 9.66  | 11.05 | 11.82 | 10.19 | 10   | 12.39 | 11.81 | 11.47 |
| Rata-rata | 2.166   | 2.246 | 2.024 | 1.932 | 2.21  | 2.364 | 2.038 | 2    | 2.478 | 2.362 | 2.294 |

Hasil Uji Keseragaman (Peta Kontrol)



Hasil Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{1,96}{0,05} \sqrt{55 (273.706 - (120.57)^2)} \right]^2 = 54.62 \approx 55 \text{ pengamatan}$$

Performance Rating

| Faktor             | Kelas     | Lambang | Rating |
|--------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan       | Excellent | B1      | 0.11   |
| Usaha              | Excellent | B1      | 0.1    |
| Kondisi            | Good      | C       | 0.02   |
| Konsistensi        | Good      | C       | 0.01   |
| Jumlah             |           |         | 0.24   |
| Performance Rating |           |         | 1.24   |

#### Allowance

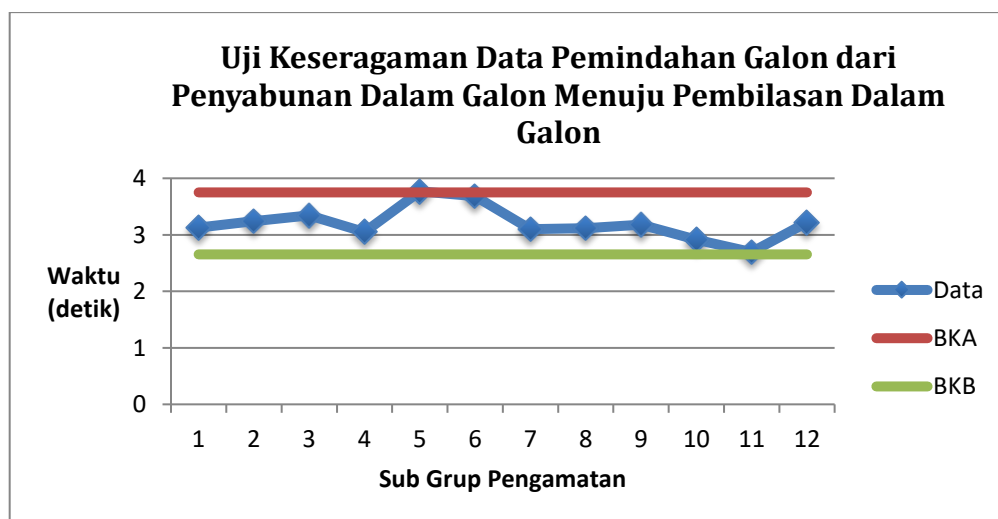
|                    |                             |    |
|--------------------|-----------------------------|----|
| Constant Allowance | Personal Allowance          | 0  |
|                    | Basic Fatigue Allowance     | 4  |
| Variable Allowance | Standing Allowance          | 2  |
|                    | Abnormal position Allowance | 0  |
|                    | Muscular Energy             | 0  |
|                    | Bad Light                   | 0  |
|                    | Atmospheric Conditions      | 5  |
|                    | Near / Close Attention      | 2  |
|                    | Noise Level                 | 2  |
|                    | Mental Strain               | 1  |
|                    | Monotony                    | 1  |
|                    | Tediousness                 | 0  |
| Total              |                             | 17 |

#### 5. Handle dan Pemindahan gallon dari penyabunan gallon menuju pembilasan dalam gallon

Data Waktu Hasil Pengamatan STS (detik)

| Replikasi | Subgrup |       |       |       |       |       |      |       |      |       |       |      |
|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|------|
|           | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8     | 9    | 10    | 11    | 12   |
| 1         | 3.37    | 3.05  | 4.65  | 2.9   | 3.88  | 3.72  | 3.49 | 3.35  | 3.09 | 2.59  | 2.55  | 3.29 |
| 2         | 3.27    | 3.29  | 3.86  | 2.48  | 3.76  | 4.39  | 2.53 | 2.98  | 3.51 | 3.26  | 2.36  | 3.51 |
| 3         | 2.24    | 3.94  | 3.37  | 3.16  | 3.31  | 4.53  | 2.77 | 2.98  | 2.77 | 3.5   | 3.68  | 2.77 |
| 4         | 3.57    | 3.72  | 2.51  | 3.42  | 4.02  | 2.19  | 3.57 | 3.11  | 2.13 | 2.76  | 2.67  | 4.13 |
| 5         | 3.18    | 2.22  | 2.32  | 3.29  | 3.88  | 3.6   | 3.14 | 3.17  | 4.4  | 2.45  | 2.21  | 2.4  |
| Jumlah    | 15.63   | 16.22 | 16.71 | 15.25 | 18.85 | 18.43 | 15.5 | 15.59 | 15.9 | 14.56 | 13.47 | 16.1 |
| Rata-rata | 3.126   | 3.244 | 3.342 | 3.05  | 3.77  | 3.686 | 3.1  | 3.118 | 3.18 | 2.912 | 2.694 | 3.22 |

Hasil Uji Keseragaman (Peta Kontrol)





Hasil Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{\frac{1,96}{0,05} \sqrt{60 (639.188 - (192.21)^2)}}{192.21} \right]^2 = 58.5 \approx 59 \text{ pengamatan}$$

#### Performance Rating

| Faktor             | Kelas     | Lambang | Rating |
|--------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan       | Excellent | B1      | 0.11   |
| Usaha              | Excellent | B1      | 0.1    |
| Kondisi            | Good      | C       | 0.02   |
| Konsistensi        | Good      | C       | 0.01   |
| Jumlah             |           |         | 0.24   |
| Performance Rating |           |         | 1.24   |

#### Allowance

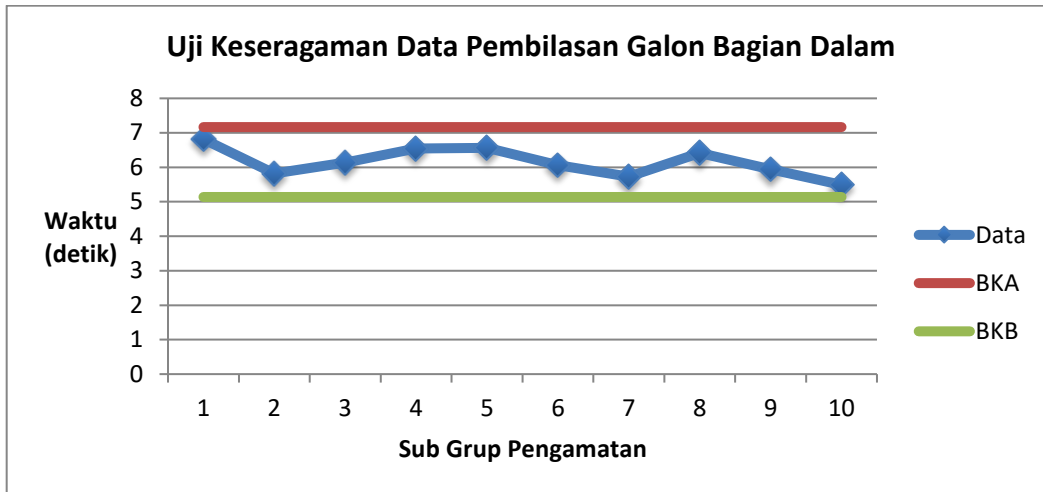
|                    |                             |    |
|--------------------|-----------------------------|----|
| Constant Allowance | Personal Allowance          | 0  |
|                    | Basic Fatigue Allowance     | 4  |
| Variable Allowance | Standing Allowance          | 2  |
|                    | Abnormal position Allowance | 0  |
|                    | Muscular Energy             | 0  |
|                    | Bad Light                   | 0  |
|                    | Atmospheric Conditions      | 5  |
|                    | Near / Close Attention      | 0  |
|                    | Noise Level                 | 0  |
|                    | Mental Strain               | 1  |
|                    | Monotony                    | 1  |
|                    | Tediousness                 | 0  |
| Total              |                             | 13 |

## 6. Proses pembilasan gallon dalam

Data Waktu Hasil Pengamatan STS (detik)

| Replikasi | Subgrup |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 1       | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| 1         | 6.74    | 7.55 | 4.65  | 7.32  | 6.59  | 6.91  | 5.47  | 5.08  | 5.82  | 5.09  |
| 2         | 7.27    | 5    | 5.61  | 7.49  | 6.41  | 4.53  | 5.27  | 6.46  | 5.15  | 6.93  |
| 3         | 6.72    | 6.31 | 5.61  | 6.67  | 6.03  | 7.72  | 6.7   | 6.12  | 6.29  | 4.61  |
| 4         | 7.82    | 4.86 | 6.63  | 6.71  | 6.13  | 6.14  | 4.94  | 9.25  | 6.54  | 4.79  |
| 5         | 5.53    | 5.38 | 8.19  | 4.53  | 7.68  | 5.01  | 6.24  | 5.17  | 5.93  | 6.03  |
| Jumlah    | 34.08   | 29.1 | 30.69 | 32.72 | 32.84 | 30.31 | 28.62 | 32.08 | 29.73 | 27.45 |
| Rata-rata | 6.816   | 5.82 | 6.138 | 6.544 | 6.568 | 6.062 | 5.724 | 6.416 | 5.946 | 5.49  |

#### Hasil Uji Keseragaman (Peta Kontrol)



#### Hasil Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{1,96}{0,05} \sqrt{50 \frac{(1948.57 - (307.62)^2)}{307.62}} \right]^2 = 45.4 \approx 46 \text{ pengamatan}$$

#### Performance Rating

| Faktor             | Kelas     | Lambang | Rating |
|--------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan       | Excellent | B1      | 0.11   |
| Usaha              | Good      | B1      | 0.1    |
| Kondisi            | Good      | C1      | 0.05   |
| Konsistensi        | Good      | C       | 0.01   |
| Jumlah             |           |         | 0.27   |
| Performance Rating |           |         | 1.27   |

#### Allowance

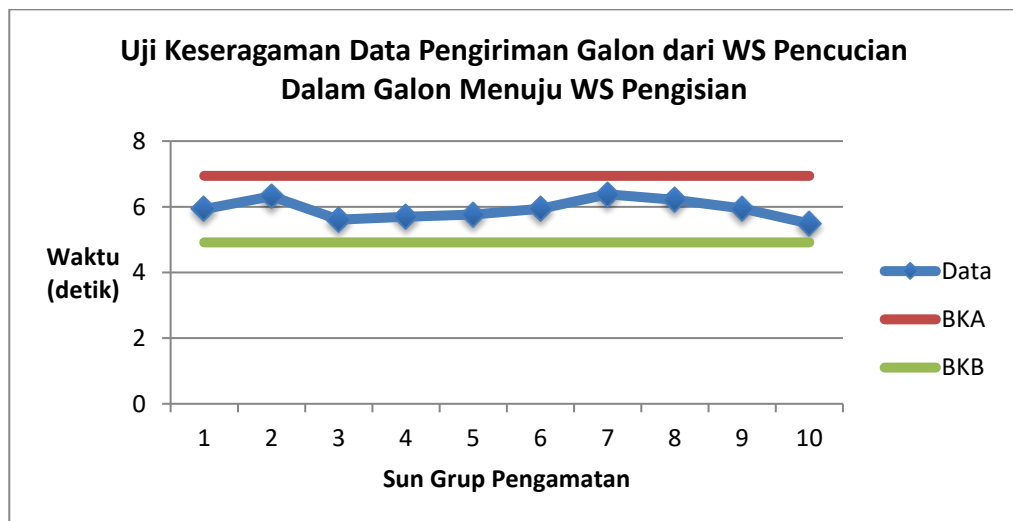
|                    |                             |    |
|--------------------|-----------------------------|----|
| Constant Allowance | Personal Allowance          | 0  |
|                    | Basic Fatigue Allowance     | 4  |
| Variable Allowance | Standing Allowance          | 2  |
|                    | Abnormal position Allowance | 0  |
|                    | Muscular Energy             | 0  |
|                    | Bad Light                   | 0  |
|                    | Atmospheric Conditions      | 5  |
|                    | Near / Close Attention      | 2  |
|                    | Noise Level                 | 2  |
|                    | Mental Strain               | 1  |
|                    | Monotony                    | 1  |
|                    | Tediousness                 | 0  |
| Total              |                             | 17 |

## 7. Handle dan Pemindahan gallon dari pembilasan dalam gallon menuju proses pengisian

Data Waktu Hasil Pengamatan STS (detik)

| Replikasi | Subgrup |       |       |      |      |       |      |       |       |       |
|-----------|---------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|
|           | 1       | 2     | 3     | 4    | 5    | 6     | 7    | 8     | 9     | 10    |
| 1         | 6.06    | 7.8   | 6.55  | 3.79 | 7.18 | 5.67  | 4.99 | 5.08  | 5.82  | 5.09  |
| 2         | 5.97    | 7.04  | 6.78  | 4.9  | 5.91 | 6.13  | 6.87 | 6.46  | 5.15  | 6.93  |
| 3         | 5.38    | 5.95  | 5.11  | 6.97 | 3    | 5.96  | 7.24 | 6.12  | 6.29  | 4.61  |
| 4         | 7.53    | 4.58  | 5.28  | 7.7  | 5.36 | 6.24  | 6.37 | 8.25  | 6.54  | 4.79  |
| 5         | 4.7     | 6.25  | 4.3   | 5.14 | 7.35 | 5.69  | 6.43 | 5.17  | 5.93  | 6.03  |
| Jumlah    | 29.64   | 31.62 | 28.02 | 28.5 | 28.8 | 29.69 | 31.9 | 31.08 | 29.73 | 27.45 |
| Rata-rata | 5.928   | 6.324 | 5.604 | 5.7  | 5.76 | 5.938 | 6.38 | 6.216 | 5.946 | 5.49  |

Hasil Uji Keseragaman (Peta Kontrol)



Hasil Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{1,96}{0,05} \sqrt{50 \frac{(1813.36 - (296.432)^2)}{296.43}} \right]^2 = 48.9 \approx 49 \text{ pengamatan}$$

*Performance Rating*

| Faktor                    | Kelas     | Lambang | Rating |
|---------------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan              | Excellent | B1      | 0.11   |
| Usaha                     | Good      | B1      | 0.1    |
| Kondisi                   | Good      | C1      | 0.05   |
| Konsistensi               | Good      | C       | 0.01   |
| Jumlah                    |           |         | 0.27   |
| <i>Performance Rating</i> |           |         | 1.27   |

#### Allowance

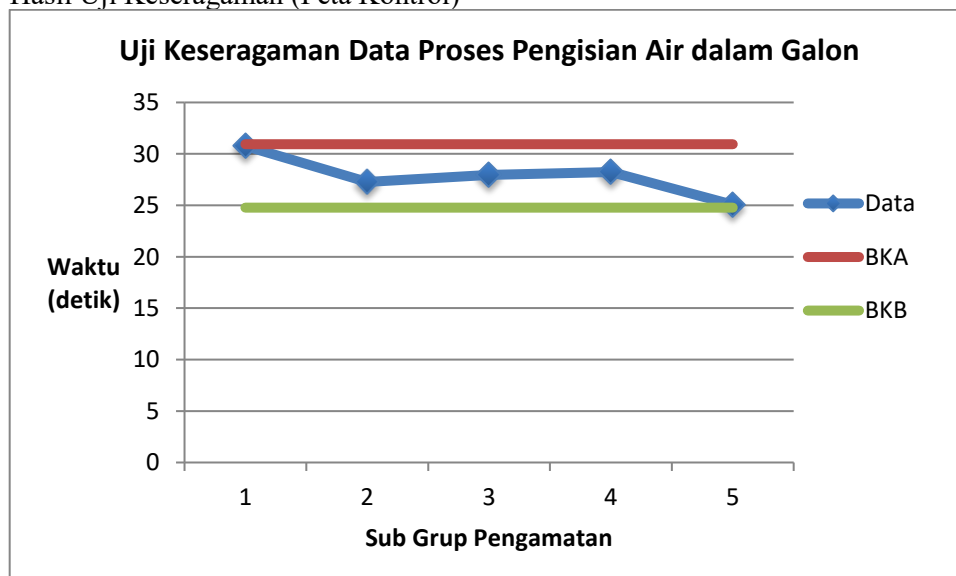
|                    |                             |    |
|--------------------|-----------------------------|----|
| Constant Allowance | Personal Allowance          | 0  |
|                    | Basic Fatigue Allowance     | 4  |
| Variable Allowance | Standing Allowance          | 2  |
|                    | Abnormal position Allowance | 0  |
|                    | Muscular Energy             | 0  |
|                    | Bad Light                   | 0  |
|                    | Atmospheric Conditions      | 5  |
|                    | Near / Close Attention      | 0  |
|                    | Noise Level                 | 2  |
|                    | Mental Strain               | 1  |
|                    | Monotony                    | 1  |
|                    | Tediousness                 | 0  |
| Total              |                             | 15 |

### 8. Proses Pengisian air jadi ke dalam kemasan Galon (AMDK Galon)

Data Waktu Hasil Pengamatan STS (detik)

| Replikasi        | Subgrup |        |        |        |        |
|------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
|                  | 1       | 2      | 3      | 4      | 5      |
| 1                | 29.35   | 28.99  | 25.42  | 27.74  | 24.39  |
| 2                | 30.11   | 23.72  | 29.03  | 28.32  | 25.19  |
| 3                | 30.45   | 28.40  | 29.62  | 28.87  | 26.11  |
| 4                | 32.63   | 26.05  | 27.05  | 28.45  | 24.45  |
| 5                | 31.27   | 29.19  | 28.64  | 27.86  | 25.14  |
| <b>Jumlah</b>    | 153.81  | 136.35 | 139.76 | 141.24 | 125.28 |
| <b>Rata-rata</b> | 30.762  | 27.27  | 27.952 | 28.248 | 25.056 |

Hasil Uji Keseragaman (Peta Kontrol)



Hasil Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{1,96}{0,05} \sqrt{\frac{25 (19527.81 - (696.44)^2)}{696.44}} \right]^2 = 10.03 \approx 10 \text{ pengamatan}$$

*Performance Rating*

| Faktor                    | Kelas     | Lambang | Rating |
|---------------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan              | Good      | C1      | 0.05   |
| Usaha                     | Excessive | A2      | 0.12   |
| Kondisi                   | Good      | C       | 0.02   |
| Konsistensi               | Good      | C       | 0.01   |
| Jumlah                    |           |         | 0.2    |
| <i>Performance Rating</i> |           |         | 1.2    |

*Allowance*

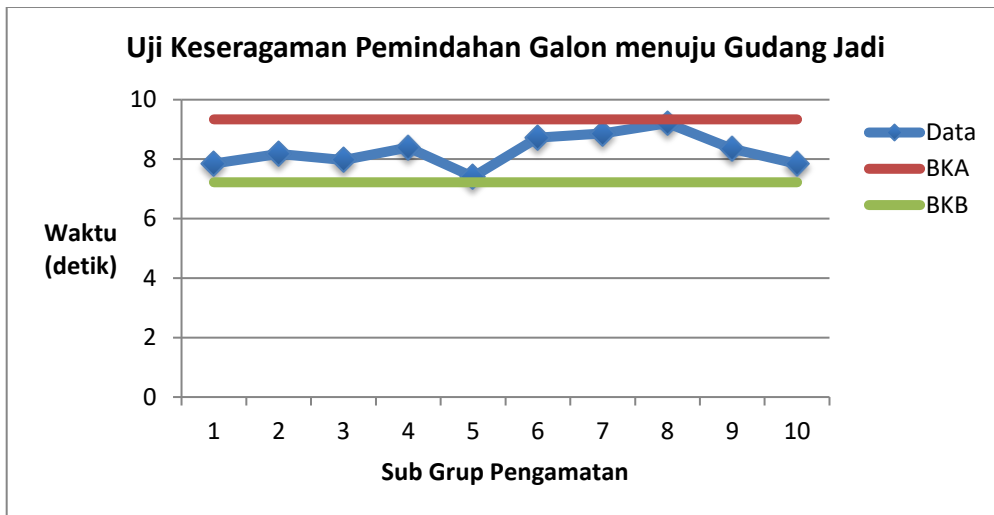
|                            |                                    |    |
|----------------------------|------------------------------------|----|
| <i>Constant Allowance</i>  | <i>Personal Allowance</i>          | 0  |
|                            | <i>Basic Fatigue Allowance</i>     | 4  |
| <i>'Variable Allowance</i> | <i>Standing Allowance</i>          | 2  |
|                            | <i>Abnormal position Allowance</i> | 0  |
|                            | <i>Muscular Energy</i>             | 2  |
|                            | <i>Bad Light</i>                   | 0  |
|                            | <i>Atmospheric Conditions</i>      | 5  |
|                            | <i>Near / Close Attention</i>      | 2  |
|                            | <i>Noise Level</i>                 | 0  |
|                            | <i>Mental Strain</i>               | 1  |
|                            | <i>Monotony</i>                    | 1  |
|                            | <i>Tediousness</i>                 | 0  |
| Total                      |                                    | 17 |

**9. Handle dan pemindahan AMDK gallon ke gudang jadi**

Data Waktu Hasil Pengamatan STS (detik)

| Replikasi        | Subgrup |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| <b>1</b>         | 8.35    | 7.25  | 7.54  | 9.05  | 6.9   | 7.14  | 9.51  | 10.76 | 9.1   | 8.71  |
| <b>2</b>         | 7.27    | 10.2  | 7.64  | 8.74  | 6.45  | 7.26  | 8.85  | 7.35  | 8.01  | 8.22  |
| <b>3</b>         | 8.04    | 6.26  | 7.33  | 8.62  | 9.87  | 9.82  | 8.39  | 9.65  | 8.14  | 7.87  |
| <b>4</b>         | 7.96    | 7.86  | 9.4   | 8.56  | 6.7   | 9.39  | 9.19  | 10.69 | 8.92  | 7.76  |
| <b>5</b>         | 7.65    | 9.32  | 7.96  | 6.96  | 7.11  | 10.01 | 8.4   | 7.6   | 7.59  | 6.67  |
| <b>Jumlah</b>    | 39.27   | 40.89 | 39.87 | 41.93 | 37.03 | 43.62 | 44.34 | 46.05 | 41.76 | 39.23 |
| <b>Rata-rata</b> | 7.854   | 8.178 | 7.974 | 8.386 | 7.406 | 8.724 | 8.868 | 9.21  | 8.352 | 7.846 |

#### Hasil Uji Keseragaman (Peta Kontrol)



#### Hasil Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{\frac{1,96}{0,05} \sqrt{25 (3488.687 - (413.99)^2)}}{413.99} \right]^2 = 27.3 \approx 28 \text{ pengamatan}$$

#### Performance Rating

| Faktor             | Kelas     | Lambang | Rating |
|--------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan       | Good      | C1      | 0.05   |
| Usaha              | Excessive | A2      | 0.12   |
| Kondisi            | Good      | C       | 0.02   |
| Konsistensi        | Good      | C       | 0.01   |
| Jumlah             |           |         | 0.2    |
| Performance Rating |           |         | 1.2    |

#### Allowance

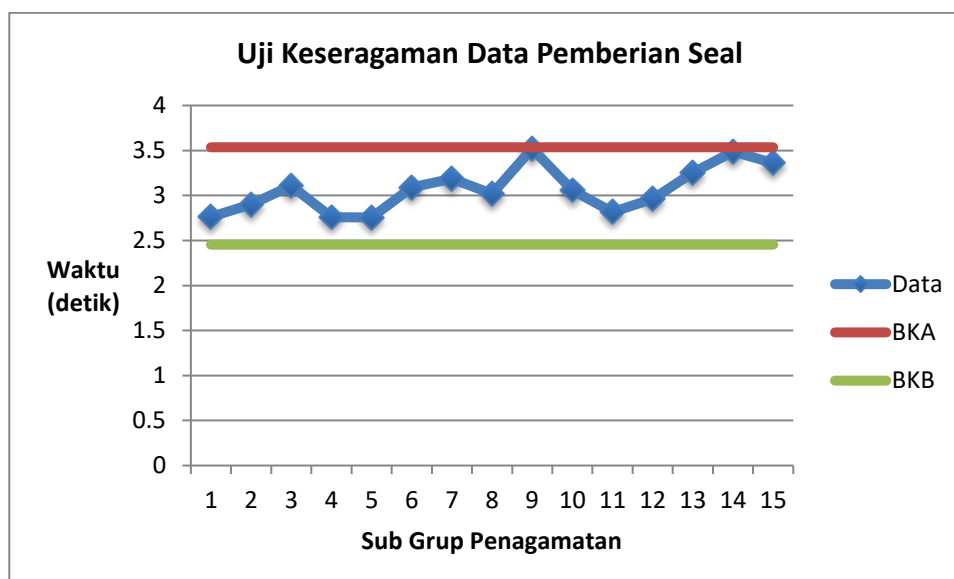
|                    |                             |    |
|--------------------|-----------------------------|----|
| Constant Allowance | Personal Allowance          | 0  |
|                    | Basic Fatigue Allowance     | 4  |
| Variable Allowance | Standing Allowance          | 2  |
|                    | Abnormal position Allowance | 2  |
|                    | Muscular Energy             | 9  |
|                    | Bad Light                   | 0  |
|                    | Atmospheric Conditions      | 5  |
|                    | Near / Close Attention      | 0  |
|                    | Noise Level                 | 0  |
|                    | Mental Strain               | 1  |
|                    | Monotony                    | 1  |
|                    | Tediousness                 | 0  |
| Total              |                             | 24 |

## 10. Proses pemberian seal

Data Waktu Hasil Pengamatan STS (detik)

| Replikasi | Subgrup |      |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|---------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 1       | 2    | 3     | 4    | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
| 1         | 2.56    | 3.13 | 3.47  | 2.19 | 2.51  | 4.39  | 2.28  | 3.57  | 4.26  | 2.31  | 2.57  | 4.19  | 3.41  | 2.96  | 3.24  |
| 2         | 3.23    | 3.82 | 2.31  | 2.53 | 3.13  | 2.6   | 3.04  | 3.29  | 2.66  | 2.23  | 3.29  | 3.16  | 2.45  | 3.47  | 3.61  |
| 3         | 3.11    | 2.31 | 4.08  | 2.08 | 2.29  | 2.48  | 2.68  | 2.7   | 4.71  | 4.11  | 2.7   | 2.48  | 3.11  | 3.28  | 3.21  |
| 4         | 2.66    | 3.21 | 2.88  | 4.06 | 3.45  | 3.61  | 3.51  | 2.3   | 2.04  | 2.85  | 2.3   | 2.61  | 4     | 4.32  | 3.11  |
| 5         | 2.25    | 2.03 | 2.8   | 2.94 | 2.4   | 2.37  | 4.42  | 3.23  | 3.94  | 3.79  | 3.23  | 2.37  | 3.29  | 3.41  | 3.64  |
| Jumlah    | 13.81   | 14.5 | 15.54 | 13.8 | 13.78 | 15.45 | 15.93 | 15.09 | 17.61 | 15.29 | 14.09 | 14.81 | 16.26 | 17.44 | 16.81 |
| Rata-rata | 2.762   | 2.9  | 3.108 | 2.76 | 2.756 | 3.09  | 3.186 | 3.018 | 3.522 | 3.058 | 2.818 | 2.962 | 3.252 | 3.488 | 3.362 |

Hasil Uji Keseragaman (Peta Kontrol)



Hasil Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{\frac{1,96}{0,05} \sqrt{50 (739.73 - (230.21)^2)}}{230.21} \right]^2 = 71.99 \approx 72 \text{ pengamatan}$$

Performance Rating

| Faktor             | Kelas     | Lambang | Rating |
|--------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan       | Excellent | B1      | 0.11   |
| Usaha              | Excellent | B1      | 0.1    |
| Kondisi            | Good      | C       | 0.02   |
| Konsistensi        | Excellent | B       | 0.03   |
| Jumlah             |           |         | 0.26   |
| Performance Rating |           |         | 1.26   |

#### Allowance

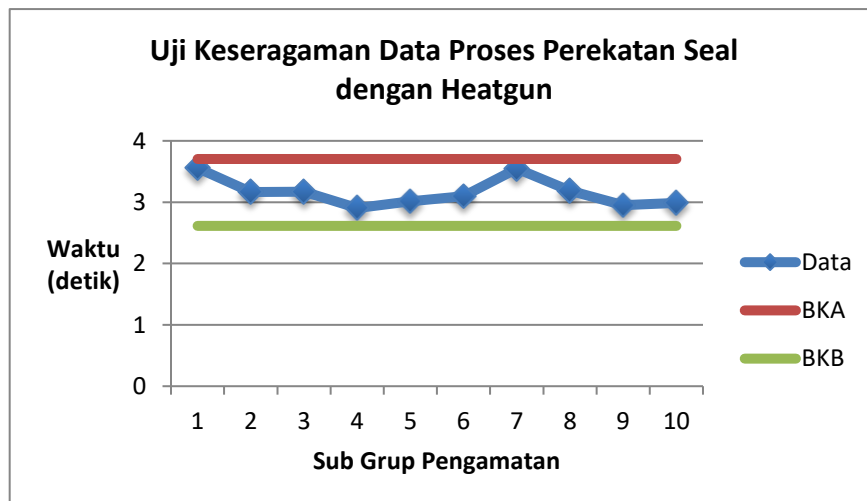
|                    |                             |    |
|--------------------|-----------------------------|----|
| Constant Allowance | Personal Allowance          | 0  |
|                    | Basic Fatigue Allowance     | 4  |
| Variable Allowance | Standing Allowance          | 2  |
|                    | Abnormal position Allowance | 0  |
|                    | Muscular Energy             | 0  |
|                    | Bad Light                   | 0  |
|                    | Atmospheric Conditions      | 5  |
|                    | Near / Close Attention      | 0  |
|                    | Noise Level                 | 0  |
|                    | Mental Strain               | 1  |
|                    | Monotony                    | 1  |
|                    | Tediousness                 | 0  |
| Total              |                             | 13 |

### 11. Proses Perekatan seal dengan heat gun

Data Waktu Hasil Pengamatan STS (detik)

| Replikasi | Subgrup |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| 1         | 3.39    | 3.16  | 2.62  | 2.23  | 3.06  | 3.13  | 3.51  | 2.69  | 2.46  | 3.15  |
| 2         | 3.21    | 3.28  | 3.41  | 2.83  | 3.60  | 3.82  | 5.14  | 2.66  | 3.77  | 3.26  |
| 3         | 3.42    | 2.50  | 3.68  | 3.49  | 2.59  | 2.31  | 3.25  | 3.59  | 2.77  | 2.53  |
| 4         | 3.64    | 3.79  | 2.75  | 2.97  | 3.23  | 4.19  | 3.49  | 3.19  | 3.09  | 3.24  |
| 5         | 4.12    | 3.11  | 3.4   | 3.00  | 2.60  | 2.03  | 2.34  | 3.81  | 2.68  | 2.77  |
| Jumlah    | 17.78   | 15.84 | 15.86 | 14.52 | 15.08 | 15.48 | 17.73 | 15.94 | 14.77 | 14.95 |
| Rata-rata | 3.556   | 3.168 | 3.172 | 2.904 | 3.016 | 3.096 | 3.546 | 3.188 | 2.954 | 2.99  |

Hasil Uji Keseragaman (Peta Kontrol)





#### Hasil Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[ \frac{1,96}{0,05} \sqrt{50 (515.153 - (157.95)^2)} \right]^2 = 49.86 \approx 50 \text{ pengamatan}$$

#### Performance Rating

| Faktor             | Kelas     | Lambang | Rating |
|--------------------|-----------|---------|--------|
| Keterampilan       | Excellent | B1      | 0.11   |
| Usaha              | Excellent | B1      | 0.1    |
| Kondisi            | Good      | C       | 0.02   |
| Konsistensi        | Excellent | B       | 0.03   |
| Jumlah             |           |         | 0.26   |
| Performance Rating |           |         | 1.26   |

#### Allowance

|                    |                             |    |
|--------------------|-----------------------------|----|
| Constant Allowance | Personal Allowance          | 0  |
|                    | Basic Fatigue Allowance     | 4  |
| Variable Allowance | Standing Allowance          | 2  |
|                    | Abnormal position Allowance | 0  |
|                    | Muscular Energy             | 0  |
|                    | Bad Light                   | 0  |
|                    | Atmospheric Conditions      | 5  |
|                    | Near / Close Attention      | 0  |
|                    | Noise Level                 | 0  |
|                    | Mental Strain               | 1  |
|                    | Monotony                    | 1  |
|                    | Tediousness                 | 0  |
| Total              |                             | 13 |

(halaman ini sengaja dikosongkan)